

Özbay, Pelin

Energieeinsparpotenziale in einem Einkaufscenter

eingereicht als

BACHELORARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät

Maschinenbau/Feinwerktechnik

Studiengang

Immobilienmanagement und Facilities Management

Mittweida, 17.12.2010

Erstprüfer: Prof. Dr. -Ing. Hans-Gerhard Kretzschmar

Zweitprüfer: Dipl. Betriebswirt Christian Zimmermann

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Inhaltsverzeichnis

<u>Bibliographische Beschreibung</u>	IV
<u>Vorwort</u>	V
<u>Abbildungsverzeichnis</u>	VI
<u>Tabellenverzeichnis</u>	VII
<u>Abkürzungsverzeichnis</u>	VIII
<u>1. Begriffsdefinition und Hintergründe zur Energieeinsparung</u>	1
<u>1.1 Definition des Energiebegriffs</u>	1
<u>1.2 Gründe zur Energieeinsparung</u>	2
<u>2. Erneuerbare Energien</u>	3
<u>2.1 Solarenergie</u>	3
<u>2.1.1 Solarwärme</u>	3
<u>2.1.2 Solarstrom</u>	4
<u>2.3 Solarthermische Kraftwerke</u>	5
<u>2.4 Geothermie</u>	6
<u>2.5 Windkraft</u>	7
<u>2.6 Wasserkraft</u>	8
<u>3. Technische Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Kosten in einem Einkaufscenter</u>	9
<u>3.1 Maßnahmen bei Neubauten</u>	9
<u>3.1.1 Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmetauschern</u>	9
<u>3.1.1.1 Plattenwärmetauscher</u>	10
<u>3.1.1.2 Rotationswärmetauscher</u>	11
<u>3.1.1.3 Kreislaufverbundsystem</u>	12
<u>3.1.2 Einbau von Volumenstromreglern</u>	12
<u>3.1.3 Einsatz von Rauch-Wärme-Abzugsanlagen</u>	13

3.1.4 Optimierung der Raumlufthechnischen Anlagen mittels Bewegungsmeldern	14
3.1.5 Einsatz von Bewegungsmeldern als Lichtschalter	15
3.1.6 Nutzung der Solarenergie durch Photovoltaikanlagen	16
3.1.7 Einsatz von wasserlosen Urinalen	18
3.1.8 Einbau von LED-Technik	22
3.1.9 Einsatz von Torluftschleieranlagen	24
3.1.10 Nutzung von Tageslicht.....	25
3.1.11 Einbau von Lichtsensoren.....	26
3.1.12 Optimierung der Sicherheitsbeleuchtung	28
3.1.13 Nutzung eines Kältespeichers.....	29
3.2 Maßnahmen bei Bestandsobjekten	30
3.2.1 Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik.....	31
3.2.2 Kühlung des Centers durch RWA in den Sommermonaten	35
3.2.3. Nachrüsten von Sonnenschutzvorhängen	35
3.2.4 Präparation der Lüftungsklappen bei Leerstand	36
3.2.5 Optimierung der Rampenheizung	36
3.2.6 Lichtabschaltung in den Aufzügen	37
4. Fazit	38
 <u>Anlagenverzeichnis</u>	 VIII
<u>Begriffsverzeichnis</u>	XIX
<u>Quellenverzeichnis</u>	XX
<u>Selbständigkeitserklärung</u>	XXVI

Bibliographische Beschreibung

Özbay, Pelin:

Energieeinsparpotenziale in einem Einkaufszentrum – 2010 – 45 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fakultät Maschinenbau,

Bachelorarbeit, 2010

Kurzreferat

Die Bachelorarbeit beschäftigt sich mit Energieeinsparpotenzialen und den Einsparmaßnahmen an Kosten in Einkaufszentren. Sparsam mit fossilen Energieträgern umzugehen, bedeutet ein gutes Image des Unternehmens in der Öffentlichkeit. Die Einsparung von Kosten liegt im Interesse eines jeden Unternehmens.

Ziel dieser Arbeit ist es Maßnahmen herauszukristallisieren, die es möglich machen, regenerative Energien zu nutzen. Sie soll ebenfalls vermeintliche Energieeinsparpotenziale ausfindig machen und darlegen, weshalb diese nicht zur Einsparung an Energie nützlich sind. Die Untersuchung beginnt mit der Vorstellung von Erneuerbaren Energien, gefolgt von der Analysierung mehrerer technischer Anlagen mit Einbindung von energiesparenden Komponenten und ihrer Funktionsweise. Zum einen werden Maßnahmen dargestellt, die bei Neubauten während der Errichtungsphase miteinbezogen werden. Zum anderen werden Schritte erläutert, die in Bestandsobjekten umgesetzt und realisiert werden können. Es werden Beispielrechnungen durchgeführt und Amortisationszeiten dargelegt.

Vorwort

Die vorliegende Bachelorarbeit entstand im Zeitraum von Juli bis Dezember 2010 zum Abschluss meines Studiums Immobilien- und Facilities Management an der Hochschule Mittweida (FH).

Ich möchte mich insbesondere bei meinen Interviewpartnern Herrn Jens Moritz, Herrn Thomas Klein und Herrn Andreas Thede von der management für immobilien AG für die lehrreichen Gespräche und Einführung in die Welt der technischen Anlagen bedanken. Diese Interviews haben mir bei der Erstellung dieser Arbeit überaus geholfen, da nicht sehr viel Literatur zu diesem Thema auffindbar gewesen ist. Des Weiteren danke ich meinem Betreuer Herrn Dipl. Betriebswirt Christian Zimmermann für die dauerhafte Betreuung der Bachelorarbeit sowie dem gesamten Team der mfi AG für die anhaltende Einführung in die berufliche Praxis und freue mich auf eine weitere gute Zusammenarbeit.

Mein Dank gilt darüber hinaus Herrn Prof. Hans-Gerhard Kretzschmar von der Hochschule Mittweida (FH) für die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit.

Regensburg, den 16.12.2010

Pelin Özbay

Abbildungsverzeichnis

<u>Abbildung 1: Aufbau einer solarthermischen Anlage</u>	4
<u>Abbildung 2: Photovoltaik Anlage</u>	4
<u>Abbildung 3: Wärmetauscher</u>	10
<u>Abbildung 4: Rotationswärmetauscher</u>	11
<u>Abbildung 5: RWA-Klappen in den Erlangen Arcaden</u>	13
<u>Abbildung 6: Jährliche mittlere Einstrahlung</u>	17
<u>Abbildung 7: Siphon mit Sperrflüssigkeit</u>	18
<u>Abbildung 8: Siphon mit Gummiventil</u>	19
<u>Abbildung 9: Siphon mit Auftriebskörper</u>	20
<u>Abbildung 10: Dreifachverglasung</u>	26

Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle 1: Wasser- und Kostenersparnis</u>	21
<u>Tabelle 2: Amortisationsdauer</u>	22
<u>Tabelle 3: Einbau LED – Technik</u>	23
<u>Tabelle 4: Einsparung durch das Ausschalten der Sicherheitsbeleuchtung</u>	29
<u>Tabelle 5: Berechnung des IST Zustandes Erlangen Arcaden</u>	31
<u>Tabelle 6: Berechnung der Austauschkosten</u>	33
<u>Tabelle 7: Berechnung der Amortisationsdauer</u>	34

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
CO ₂	Kohlendioxid
d.h.	das heißt
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EIB	Elektro Instabus
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/m ²	Kilowattstunde pro Quadratmeter
KWK – G	Kraft – Wärme - Kopplungsgesetz
Min.	Minute
MSR	Messen Steuern Regeln
RWA	Rauch – Wärme – Abzugsanlagen
Std.	Stunde
W	Watt
z.B.	zum Beispiel

1. Begriffsdefinition und Hintergründe zur Energieeinsparung

1.1 Definition des Energiebegriffs

Eine eindeutige und klare Definition des Begriffs „Energie“ ist schwer möglich, da Energie in viele verschiedene Formen verwandelt werden kann. Physikalisch betrachtet ist Energie die Menge von geleisteter Arbeit. Diese ist notwendig, um z.B. einen Körper in Bewegung zu versetzen, etwas zu erwärmen, elektromagnetische Wellen abzustrahlen sowie elektrischen Strom fließen zu lassen.

Formen von Energie:

- Kinetische Energie = Bewegungsenergie
Ein Körper, der in Bewegung versetzt wird, besitzt kinetische Energie. Zum Beispiel ein Fahrzeug oder Wind.
- Potentielle Energie = Lageenergie
Ein ruhender Gegenstand besitzt potentielle Energie. Diese kann wiederum in kinetische Energie umgewandelt werden, wenn das Objekt in Bewegung versetzt wird.
- Chemische Energie
In Form von fossilen Energieträgern wie Erdgas, Erdöl, Kohle und Biomasse. Auch in einer Batterie finden chemische Prozesse statt, die elektrischen Strom liefern.
- Strahlungsenergie
Elektromagnetische Energie, die beispielsweise von der Sonne abgegeben wird. Diese Energieform wird als Licht oder Wärme wahrgenommen.
- Kernbindungsenergie
Energie, die nötig ist, um Protonen und Neutronen eines Atomkerns zu splitten, jedoch auch Energie, die bei der Bildung eines Atomkerns entsteht. Sie wird genutzt, um Wärme zu erzeugen, die eine Turbine in Gang setzt, die wiederum Strom erzeugt.¹

¹ Vgl. o.V., www.umweltbundesamt.at.
o.V., www.energieinfo.de.
o.V., www.wissen.de.

In dieser Arbeit wird der Focus auf chemische Energie und Strahlungsenergie gelegt.

1.2 Gründe zur Energieeinsparung

Energieeinsparmaßnahmen gewinnen in der heutigen Zeit immer mehr Bedeutung. Der Hintergrund unterteilt sich in zwei wesentliche Faktoren:

- Einsparung von Energie zur Kostenoptimierung
- Schonung der natürlichen Ressourcen aufgrund von gesteigertem Umweltbewusstsein

Zur Steigerung der Ertragssituation sind Unternehmen bemüht Kosten zu senken. Dies kann unter anderem mit Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Wasser umgesetzt werden. Dadurch dass die Verweildauer in Einkaufszentren ziemlich kurz ist, liegt hier das Potenzial an Einsparungen sehr hoch, z.B. ist gibt es keine permanente Nutzung von Nebengängen, weshalb hier die Beleuchtung nicht ständig benötigt wird.²

Durch die Nutzung von energieeffizienten Anlagen und Erneuerbaren Energien können die fossilen Energieträger geschont, die Absonderung von Treibhausgasen reduziert und somit der globalen Problematik des Klimawandels entgegengewirkt werden. Die globale Erwärmung bezeichnet den Anstieg der Durchschnittstemperaturen der erdnahen Atmosphäre, der Meere und der Luft. Einen Beitrag zu dieser Problematik leistet der anthropogene Treibhauseffekt, d.h. durch Menschen verursachte Freisetzung von Treibhausgasen. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Braunkohle, Steinkohle oder Erdöl, werden Treibhausgase, wie Kohlendioxid und Methan abgesondert. Somit konzentrieren sich diese Treibhausgase in der Erdatmosphäre und erschweren drastisch das Abstrahlen der Wärme in das Weltall.³ Die Folgen solcher Gasansammlungen und der dadurch entstehenden globalen Erwärmung sind existenzbedrohend für die Erde.

² Siehe Anhang, Anlage 1 Kundenbefragung Regensburg Arcaden.

³ Vgl. Mäder, Klimaänderung, 2009, S. 3f.

Sie kann zum Beispiel zur Erwärmung der Meere, dem Rückgang des Meereises und somit zur Erhöhung des Meeresspiegels führen, zu einem Rückgang der Gebirgsgletscher wie auch zu Veränderungen in der Regenmenge beitragen.⁴

Im Rahmen dieser Arbeit sollen Energieeinsparpotenziale in einem Einkaufscenter geschildert und Aussagen zu deren Rentabilität getroffen werden.

2. Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energien, auch regenerative Energien genannt, sind Energien deren Quellen sich innerhalb von kurzer Zeit erneuern oder nachhaltig zur Verfügung stehen.

2.1 Solarenergie

2.1.1 Solarwärme

Solarwärme bezeichnet die Nutzung der Sonnenenergie zur Erwärmung des Brauchwassers oder zur Unterstützung der Heizung. Eine solarthermische Anlage besteht aus einem Solarkollektor, einer Regeleinheit mit Pumpen und einem Warmwasserspeicher. Der Solarkollektor sammelt die Sonnenenergie ein und wandelt diese anschließend in thermische Energie um. Durch die Regeleinheit mit der Pumpe wird die Flüssigkeit, die die Wärme transportiert, zum fließen gebracht, sodass die gesamte Anlage mit dieser so genannten Wärmeträgerflüssigkeit durchströmt wird. Mit Hilfe der abgegebenen Wärme durch den Wärmetauscher wird das Wasser in dem gut gedämmten Warmwasserspeicher erwärmt und behält die gewonnene Wärme lange Zeit bei.⁵

⁴ Vgl. Mäder, Klimaänderung, 2009, S. 15f.

⁵ Vgl. o.V., www.thema-energie.de.

- 1. Kollektorfläche
- 3. Wärmetauscher
- 3.–5. Warmwasserspeicher
- 6. Regeleinheit
- 7. Pumpe

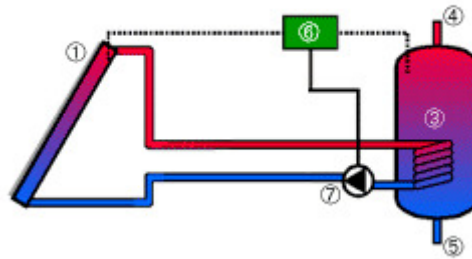


Abbildung 1: Aufbau einer solarthermischen Anlage

Quelle: www.thema-energie.de.

2.1.2 Solarstrom

Bei der direkten Konvertierung von Licht in Strom handelt es sich um Photovoltaik. Bestandteile einer Solaranlage sind mehrere Solarzellen, die zusammengefasst ein Solarmodul ergeben, und ein Wechselrichter. Die Solarzellen bestehen meist aus Silizium und wandeln das einfallende Sonnenlicht in Gleichstrom um. Damit der gewonnene Strom genutzt werden kann, müssen entweder die Verbrauchsgeräte auf Gleichstrom ausgelegt sein oder ein Wechselrichter eingesetzt werden, der den Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt.⁶

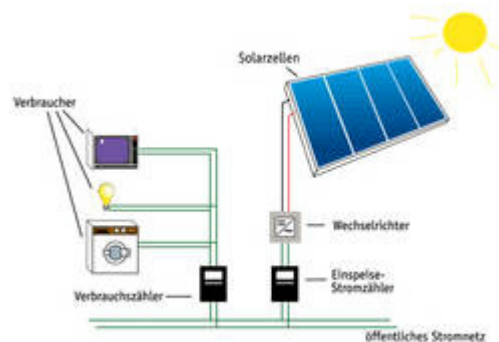


Abbildung 2: Photovoltaik Anlage

Quelle: www.thema-energie.de.

⁶ Vgl. o.V., www.thema-energie.de.

2.3 Solarthermische Kraftwerke

Solarthermische Kraftwerke erzeugen Wärme durch Sonnenenergie. Durch Spiegelsysteme werden Sonnenstrahlen auf einen Punkt fokussiert, wodurch sehr hohe Temperaturen zur Erwärmung des Wärmeüberträgermediums, vorwiegend ein künstliches Thermo-Öl, genutzt werden können.

Solarthermische Kraftwerke können auf zwei verschiedene Varianten realisiert werden:

➤ Solarkraftwerke mit Strahlungsbündelung

Diese können untergliedert werden in

- Parabolrinnensysteme

Kollektoren bestehen aus gewölbten Spiegeln, welche in einem Kollektorfeld parallel angeordnet sind. In diesen gewölbten Spiegeln verläuft ein Rohr, das den Wärmeträger beinhaltet und transportiert. Dadurch dass das Rohr in der Mitte der Spiegel angeordnet ist, werden die Sonnenstrahlen auf dieses gebündelt. Erwähnenswert ist hier jedoch, dass die Bündelung nur aufgrund des parabelförmigen Querschnitts der Spiegel erfolgt.

- Solarturmkraftwerkssysteme

Bei diesem Typ wird mit Hilfe von einer großen Anzahl an Einzelspiegeln die Sonnenstrahlung auf einen Turm, den Wärmetauscher gelenkt, der das Wärmeträgermedium beinhaltet. Dieses wird durch die Erwärmung des Turms erhitzt. Die Stromerzeugung erfolgt dann über Gas- oder Dampfturbinenkraftwerke.

- Paraboloidkraftwerke

Hier wird der Spiegel, der aus mehreren Bauteilen besteht, drehbar auf einem Gerüst montiert. Somit ist er in der Lage die Bewegung der Sonne zu verfolgen. Ein Receiver mit Stirlingereinheit befindet sich im Sammelpunkt, absorbiert dort die gesamte Strahlung und leitet die Wärme an einen Motor weiter.

- Solarkraftwerke mit Hybridsystemen

Abgesehen von der Solarenergie nutzen hybride Solarkraftwerke zur Energieerzeugung einen zweiten Energieträger, um Schwankungen hinsichtlich der Sonnenstrahlen anzugleichen.⁷

- Solarkraftwerke ohne Strahlungsbündelung

- Solarteichkraftwerke

Solarstrahlung wird in flachen Salzseen eingefangen. Je salzhaltiger das Wasser ist desto höher ist die Dichte. Somit befindet sich das salzhaltigere Wasser näher am Grund des Gewässers. Das Wasser am Grund absorbiert die Sonnenstrahlen und speichert hierdurch Wärme. Diese wird zur Stromerzeugung mit Hilfe von Turbinen verwendet.

- Thermikkraftwerke

Bei diesem Prinzip wird Luft erwärmt, die unter einem Glas- bzw. Kunststoffdach strömt. Sie wird in einem Luftschaft nach oben geführt. Durch diese Luftmassen werden Turbinen in Bewegung versetzt und es wird elektrischer Strom erzeugt.⁸

2.4 Geothermie

Eine von der Sonne unabhängige Erneuerbare Energie ist die Geothermie, die die Nutzung der Erdwärme zur Energiegewinnung bezeichnet. Wissenschaftlichen Berechnungen zufolge beträgt die Temperatur im Erdkern etwa zwischen 4.600 und 4.700°C.⁹ Erdwärme kann aus unterschiedlichen Tiefen genutzt werden: aus der oberen Erdkruste bis etwa 15 km oder den tieferen Erdschichten.¹⁰ Es gibt zwei Arten zur Energiegewinnung mittels Geothermie.

Funktionsprinzipien der Wärmegewinnung und Stromerzeugung aus Erdwärme sind Folgende:

⁷ Vgl. o.V., www.thema-energie.de.

⁸ Vgl. o.V., www.thema-energie.de.

⁹ Vgl. o.V., www.wissenschaft-online.de.

¹⁰ Vgl. Koenig, www.planet-erde.de.

- Durch Bohrungen in die wasserführende Erdschicht werden Rohrleitungssysteme angebracht, durch welche mit Hilfe von Pumpen das heiße Wasser in die Wasserleitungen befördert wird. Hier wird dem Wasser, durch die Nutzung von Wärmetauschern, die Wärme entzogen und der Fernwärmeversorgung zugeführt bzw. eingespeist. Bei Wärmeüberschuss, beispielsweise in den Sommermonaten, wird Strom durch den Antrieb von Turbinen erzeugt. Der Dampf des heißen Wassers aus der Erdschicht wird mit hohem Druck über eine Turbine geleitet, welche den Stromgenerator antreibt. Somit entsteht letztendlich Strom.¹¹
- Um alleine die Wärme der Erdschicht zu nutzen, werden Rohrleitungssysteme in die Erdschichten verlegt. Es werden Wassermassen durch diese Rohrleitungen geführt, die sich rein durch die Wärme der Erdschichten erhitzen. Im Anschluss kommen auch hier Wärmepumpen zu Einsatz.

2.5 Windkraft

Mit Hilfe von Windenergieanlagen können Stromgeneratoren oder mechanische Wasserpumpen betrieben werden, indem die Kraft des Windes (=Energie des Windes) die Rotoren dieser Anlagen antreiben und diese Rotationsenergie die eben genannten Stromgeneratoren oder Wasserpumpen in Betrieb setzen. Die Nutzung von Windenergie ist erst ab einer bestimmten mittleren Geschwindigkeit sinnvoll mit der Voraussetzung, dass der Wind konstant weht. Bei einer Windgeschwindigkeit kleiner vier oder fünf Metern pro Sekunde wäre die gewonnene Energie nicht lohnenswert.¹²

¹¹ Vgl. o.V., www.thema-energie.de.

¹² Vgl. o.V., www.thema-energie.de.

2.6 Wasserkraft

Wasserkraft wird durch fließendes Wasser und Turbinen gewonnen. Sie besitzt kinetische wie auch potenzielle Energie. Das Prinzip ist folgendes: Die Turbine bzw. die Turbinenschaufeln sind mit einem Generator verbunden, der Strom erzeugt. Das fließende Wasser passiert diese Turbine, welche in Drehbewegung mit hohem Drehmoment versetzt wird. Dadurch wird der Generator aktiviert. Die mechanische Rotationsenergie wird in elektrische Energie umgewandelt.

Es gibt fünf Arten von Wasserkraftwerken:

- Speicherkraftwerke
 - Befinden sich an Stauseen im Gebirge
 - Das Wasser fließt aus dem höher liegenden Stausee in das tiefer liegende Kraftwerk
- Laufwasserkraftwerke
 - Nutzen die Energie des fließenden Wassers zur Stromerzeugung
 - Meist mit einer Flügelradturbine betrieben
- Pumpspeicherkraftwerke
 - Bei niedrigem Energiebedarf wird Wasser in ein höher liegendes Becken gepumpt
 - Bei hohem Bedarf an Energie wird dieses wieder in ein tiefer liegendes Becken herabgelassen, um somit schneller Strom erzeugen zu können
- Wellenkraftwerke
 - Einsatz an der Küste
 - Wasser wird in kaminartige Betonröhren gedrückt
 - Das schwingende Wasser drückt die Luftmengen in den Röhren zusammen
 - Der hohe Luftdruck treibt eine Turbine an, die an dem anderen Ende der Röhren angebracht ist
- Gezeitenkraftwerke
 - Prinzip von Windrädern unter Wasser
 - Ebbe und Flut versetzten die „Windräder“ in Bewegung¹³

¹³ Vgl. o.V., www.umweltbundesamt.at.
 o.V., www.erneuerbare-energien.de.
 o.V., www.umweltdatenbank.de.

3. Technische Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Kosten in einem Einkaufscenter

Im folgenden Abschnitt werden energieeffiziente technische Anlagen sowie Maßnahmen vorgestellt und deren Funktionsprinzip erläutert. Es wird differenziert zwischen Bestandsobjekten und Neubauten.

3.1 Maßnahmen bei Neubauten

3.1.1 Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmetauschern

Ein Wärmetauscher ist ein Wärmeüberträger, der durch zwei Luftströme die Wärmerückgewinnung aus der Abluft realisiert.

Außenluft wird durch Rohrleitungen angesaugt und über Filter zu dem Wärmetauscher transportiert. Die Abluft aus den jeweiligen Shops wird ebenfalls durch gedämmte Rohrleitungen zu dem Wärmetauscher geführt. Dieser entzieht der Abluft die Wärme, speichert sie und gibt diese an die kalte Außenluft ab. Somit erfolgt eine Vorerwärmung der Zuluft. Je effizienter der Wärmeüberträger ist, desto weniger Energie muss aufgebracht werden, um die Außenluft zu erwärmen. Dieser Abschnitt beschreibt die Situation im Winter, jedoch kann dieses Prinzip ebenfalls für den Sommer realisiert werden. Im Sommer wird mit der kühleren Abluft die warme Außenluft auf die selbe Art und Weise vorgekühlt.¹⁴

Zu den eingesetzten Filtern ist zu sagen, dass Filter mit einem steigenden Verschmutzungsgrad eine höhere Motorleistung erfordern, um die erforderliche Menge an Luft hindurchzupressen. Daher ist es sinnvoll eine Differenzdruckmessung vor und nach den Filtern durchzuführen. Mit der Information, die die Differenzdruckmesser liefern, kann der Zustand der Filter verfolgt und bei Verunreinigung der Austausch der Filter veranlasst werden, um höheren Motorleistungen zuvorzukommen.

¹⁴ Vgl. Hausladen; Saldanha; Nowak; Liedl, Bauklimatik, 2003, S. 86.

3.1.1.1 Plattenwärmetauscher

Plattenwärmetauscher bestehen aus mehreren Platten, meist aus Edelstahl oder Aluminium, die parallel miteinander gekoppelt oder gelötet sind. Zwischen den einzelnen Platten besteht ein Hohlraum, sodass ein Wechsel von Luft und Platten gegeben ist. Um die Wärme der Abluft der kalten Zuluft zuzuführen, fließen Ab- und Zuluft abwechselnd, d.h. es strömt zum Beispiel zwischen der ersten und zweiten Platte Abluft und zwischen der zweiten und dritten Platte Zuluft. Die Abluft erwärmt somit beide Platten, die wiederum die kalte Zuluft erwärmen (siehe Abbildung 3). Je mehr Platten zum Einsatz kommen, desto mehr Wärme kann übertragen werden.

Im Sommer geschieht das Gegenteil. Die warme Außenluft wird mit Hilfe der durch die kältere Abluft heruntergekühlten Platten auf geringere Temperaturen gebracht.¹⁵

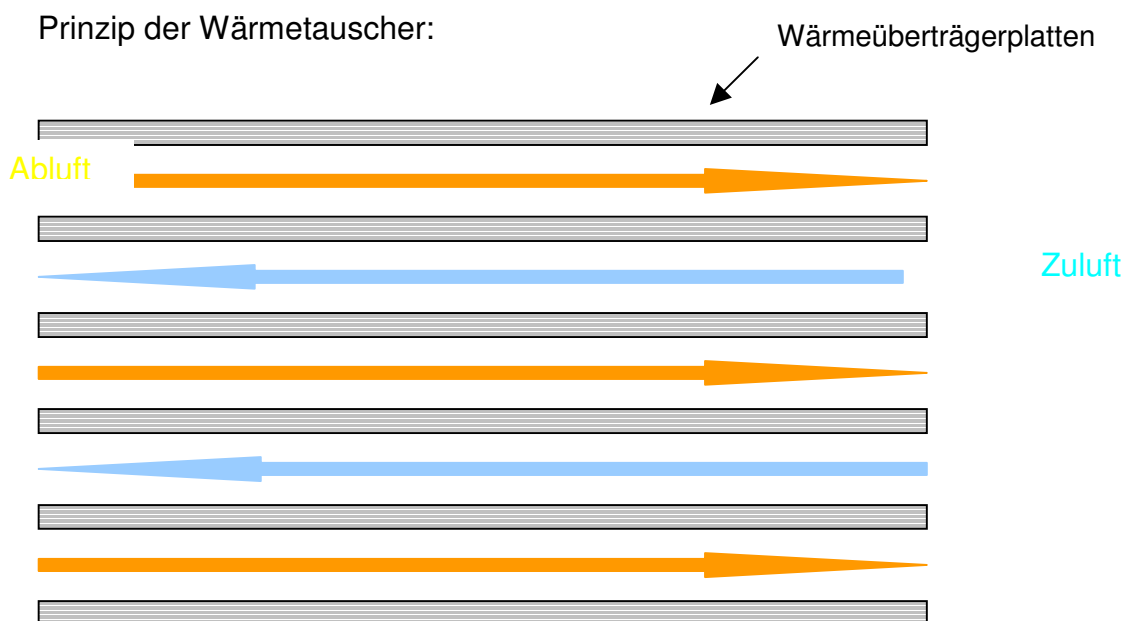


Abbildung 3: Wärmetauscher
Quelle: aus eigener Darstellung

Plattenwärmetauscher gibt es in drei Varianten:

- Kreuzstromwärmetauscher
- Gegenstromwärmetauscher
- Kreuz – Gegenstrom – Wärmetauscher¹⁶

¹⁵ Vgl. Marko; Braun, Thermische Solarenergienutzung, 1997, S. 209 f.

¹⁶ Vgl. o.V., www.energiesparhaus.at.

3.1.1.2 Rotationswärmetauscher

Ein Rotationswärmetauscher besteht aus einem Rotor, der aus vielen Blechkanälen parallel zur Drehachse entsteht.

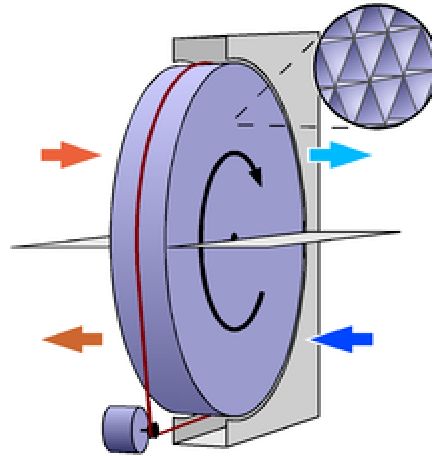


Abbildung 4: Rotationswärmetauscher

Quelle: www.umweltschutz-bw.de.

Der obere Teil des Rotors wird mit Abluft durchströmt und erwärmt die Waben des Wärmetauschers. Durch den unteren Bereich strömt kalte Zuluft. Mittels eines Motors, der einen Keilriemen antreibt, welcher am Rotor angebracht ist, dreht sich der Rotor. Hierdurch findet ein Wechsel der beiden Teile statt und die kalte Luft fließt durch die aufgewärmten Kanäle, wodurch die Zuluft schließlich erwärmt wird. Die Luftströme sind so angeordnet, dass sie in die entgegengesetzte Richtung geblasen werden (siehe Abbildung 4).

Auch hier wird in den Sommermonaten eine Vorkühlung verwirklicht. Die Funktionsweise ist die gleiche, mit dem einzigen Unterschied, dass die Blechkanäle mittels der Abluft heruntergekühlt werden und dann die Kälte abgeben, statt erwärmt zu werden und Wärme abzugeben¹⁷

¹⁷ Interview siehe Anhang, Anlage 2 Jens Moritz, mfi management für immobilien AG, Haustechniker der Erlangen Arcaden, persönliches Interview am 06.07.2010. Vgl. o.V., www.energiesparhaus.at. Vgl. Hausladen; Saldanha; Nowak; Liedl, Bauklimatik, 2003, S. 86 ff.

3.1.1.3 Kreislaufverbundsystem

Kreislaufverbundsysteme sind Wärmerückgewinnungsanlagen, die mit dem Medium Wasserglykol betrieben werden. Diese beinhaltet je ein Register in der Zuluft und ein Register in der Abluft. Die Register sind mittels Rohrleitungen miteinander verbunden, durch welche das Wärmeüberträgermedium mit Hilfe einer Pumpe geführt wird. Im Winter wird das Wasser-Glykologemisch durch die warme Abluft erwärmt und überträgt der Zuluft die gewonnene Wärmeenergie. Im Sommer jedoch wird das Medium durch die kühlere Abluft heruntergekühlt und kühlt somit die warme Zuluft vor.¹⁸

3.1.2 Einbau von Volumenstromreglern

Die Öffnungszeiten der einzelnen Shops in einem Einkaufscenter können von den Kernöffnungszeiten des Centers abweichen. Damit ist gemeint, dass Gastronomiebereiche meist längere Öffnungszeiten haben. Erwähnenswert ist hierbei, dass eine Lüftungsanlage die Lüftung von vier bis sieben Ladeneinheiten regelt und daher mit dem ersten Shop, der öffnet ein- und mit dem zuletzt schließenden Shop ausgeschaltet werden muss. Um den Stromverbrauch der Lüftungsanlagen zu reduzieren, wird auf Volumenstromregler, die mit einem Zeitprogramm hinterlegt werden können, zurückgegriffen. Die Lüftungsanlage wird wie gewohnt zum frühesten Zeitpunkt in Betrieb genommen, jedoch beträgt der Leistungsgrad nicht 100 Prozent, sondern einen geringeren Wert, da nicht alle Shops geöffnet haben und dadurch auch die Lüftung nicht benötigt wird. Dies wird mittels einer übergeordneten Regelung gesteuert. Die Informationen, die diese Regelung benötigt liefert ein Differenzdruckmesser, welcher den Druck in den Lüftungsrohren misst und diesen Wert an die Regelung übermittelt. Sobald der gemessene Druck den vorgegebenen Wert übersteigt, gelangt diese Information an den Frequenzumformer, der den Motor der Lüftungsanlage langsamer laufen lässt.

¹⁸ Vgl. o.V., www.baunetzwissen.de.

Vgl. Hausladen; Saldanha; Nowak; Liedl, Bauklimatik, 2003, S. 86 f.

Somit wird die Leistung der Anlage auf ein niedrigeres Niveau gebracht und der Stromverbrauch um ein vielfaches reduziert.¹⁹

Zur Verdeutlichung ein Beispiel aus den Erlangen Arcaden:

Mit der Lüftungsanlage 1020 sind folgende Shops gekoppelt:

- Akakiko Running Sushi (Öffnungszeit: 10:00 – 22:30 Uhr)
- Hussel (Öffnungszeit: 09:30 – 20:00 Uhr)
- Esprit (Öffnungszeit: 09:30 – 20:00 Uhr)
- Jack&Jones Vero Moda (Öffnungszeit: 09:30 – 20:00 Uhr)
- Tom Tailor (Öffnungszeit: 09:30 – 20:00 Uhr)
- New Yorker (Öffnungszeit: 09:30 – 20:00 Uhr)
- Arcaden Apotheke (Öffnungszeit: 09:30 – 20:00 Uhr)

3.1.3 Einsatz von Rauch-Wärme-Abzugsanlagen

Rauch-Wärme-Abzugsanlagen sind Bestandteil des Gebäudebrandschutzkonzepts. Jedoch kann durch eine logische Planung und eine systematische Verwendung eine natürliche Lüftung des Centers genutzt werden.

Zum besseren Verständnis das Beispiel in den Erlangen Arcaden:

Die RWA-Klappen sind unter dem Dach des Centers angebracht (siehe Abbildung 5). Durch gelegentliche Lüftungsphasen öffnen diese und die warme Luft, die nach oben steigt, kann durch die Klappen entfliehen. Somit staut sich die im Center entstandene Wärme, durch die Beleuchtung oder die Gastronomiebereiche, nicht unter dem Dach, sondern wird ins Freie abgeleitet.

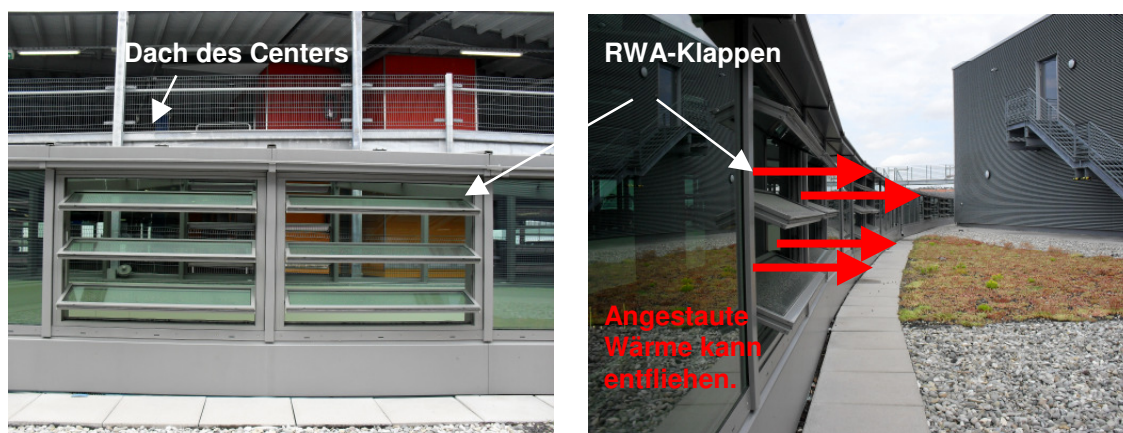


Abbildung 5: RWA-Klappen in den Erlangen Arcaden

Quelle: eigene Photographie

¹⁹ Interview siehe Anhang, Anlage 2 Thomas Klein, mfi management für immobilien AG, Hausinspektor der Erlangen Arcaden, persönliches Interview am 14.07.2010.

3.1.4 Optimierung der Raumluftechnischen Anlagen mittels Bewegungsmeldern

Die Be- und Entlüftung der Lagerbereiche und Aufenthaltsräume ist nur Zeitweise erforderlich, daher ist die Optimierung der Raumluftechnik sinnvoll. Die Notwendigkeit der Lüftung mit voller Leistung in diesen Bereichen ist nur dann gegeben, wenn sich Personal darin befindet. Da Lagerbereiche wie auch Aufenthaltsräume meist nicht dauerbesetzt sind, liegt hier ein großes Potenzial zur Energieeinsparung.

Auch hier kommen Volumenstromregler zum Einsatz. Um jedoch die Anwesenheit von Personal kontrollieren zu können, sind Bewegungsmelder in diesen Bereichen erforderlich.

Zur Verwirklichung der nun folgenden Maßnahme müssen die Bewegungsmelder mit der MSR- Anlage gekoppelt sein, damit diese den Volumenstromregler bedient. Die Volumenstromregler müssen mittels MSR – Anlage mit den Bewegungsmeldern in Verbindung sein und das Signal des Melders empfangen können. Sobald der Bewegungsmelder eine Bewegung registriert, leitet er die Information an die MSR - Anlage weiter , wonach diese den Volumenstromregler entsprechend der gefragten Luftmenge öffnet. Die Lüftungsanlage läuft wie gewohnt und der vorher herrschende Druck in den Rohrleitungen fällt ab. Der Differenzdruckmesser registriert diesen Vorgang, wodurch der Frequenzumformer angesprochen wird. Dieser erhöht die Drehzahl des Motors .Wenn der Bewegungsmelder jedoch keine Bewegung mehr wahrnimmt, überträgt er auch dieses Signal an die Volumenstromregler. Somit schließen diese bis auf einen vorab eingestellten Wert, beispielsweise bis 10 Prozent, und die Menge an Luft, die in die Lagerbereich gelangt, verringert sich somit um 90 Prozent. Aufgrund der geringen Öffnung der Regler erhöht sich der Druck in dem Kanalsystem. Es folgt das Prinzip des Volumenstromreglers wie in Punkt 3.1.2 erläutert: Der Differenzdruckmesser misst den Druck und gibt bei überhöhtem Druck ein Signal an den Frequenzumformer weiter. Dieser regelt den Motor der Lüftungsanlage herunter. Somit ist die Einsparung von Energie gewährleistet.²⁰

²⁰ Interview siehe Anhang, Anlage 2 Thomas Klein, mfi management für immobilien AG, Hausinspektor der Erlangen Arcaden, persönliches Interview am 12.07.2010.

Für die Berechnung sind folgende Faktoren notwendig: der Mensch, die Dauer seines Aufenthalts in den Räumlichkeiten und die Anzahl der Aufenthalte. Hieraus kann festgestellt werden, wie lange sich Personen in diesen Räumen aufhalten und wie lange eine Be- und Entlüftung erforderlich ist. Mit dieser ausfindig gemachten Zeitspanne muss die Leistung der Lüftungsanlage multipliziert werden, um das Ergebnis für die aufzubringende Energie herauszufinden. In einem zweiten Schritt wird berechnet, wie viel Leistung bei normalem Betrieb, d.h. ohne Unterbrechung, nötig ist. Im Anschluss wird die Differenz gebildet, womit die Einsparung der Energie deutlich wird.

Zu diesem Punkt ist leider keine Berechnung realisierbar gewesen, da diese Maßnahme nicht umgesetzt war. Diese Werte fiktiv zu gestalten würde zu keinem reellen Ergebnis führen, weil diese definitiv nicht abschätzbar sind.

3.1.5 Einsatz von Bewegungsmeldern als Lichtschalter

Um Energie zu sparen und Stromkosten zu minimieren, können in langen Fluren, Treppenhäusern, Umkleieräumen, Lagern und in den Personal WCs Bewegungsmeldersysteme eingesetzt werden, die mit der Beleuchtung gekoppelt werden. Durch diese Maßnahme kann gewährleistet werden, dass in diesen Bereichen nicht unnötig die Beleuchtung aktiv ist. In Einkaufszentren gibt es durch die vielen Lagerbereiche der Mieter sehr viele Nebengänge und Flure, welche sich des öfteren über mehrere 10 Meter erstrecken. Hieraus wird ersichtlich, dass die Beleuchtung, ohne den Einsatz von Bewegungsmeldern, am Anfang des Gangs ebenso lange leuchten muss wie die Leuchtmittel am Ende. Bei dem Passieren des Flurs werden die Stellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchlaufen, weshalb die Beleuchtung nicht an beiden Enden zur selben Zeit notwendig ist, daher sind Bewegungsmelder eine optimale Lösung. Dadurch dass in höherwertigen Bewegungsmeldern, die als Lichtschalter genutzt werden, Dämmerungsschalter integriert sind, lösen diese nur bei Dunkelheit aus und zwar nur dann, wenn sich ein Körper vor dem Melder bewegt. Der Bewegungsmelder kann auf eine bestimmte Zeitspanne und den Dunkelheitsgrad eingestellt werden. Der Zeitraum definiert dann die Sekunden oder Minuten, wie lange die Beleuchtung eingeschaltet bleiben soll.

Dies muss jedoch nicht definiert werden, da die meisten Melder nach der letzten wahrgenommenen Bewegung abschalten. Der Dunkelheitsgrad gibt vor, ab wie viel Lux die Beleuchtung durch den Bewegungsmelder gesteuert werden soll. Das heißt, solange der Gang mit Tageslicht erleuchtet wird und zwar mit einer höheren Lux – Zahl als vorgegeben, schaltet der Bewegungsmelder nicht zu.

Für die Personal WCs gilt das selbe. Mitarbeiter von Einkaufszentren achten häufig nicht auf das Ausschalten der Beleuchtung bei Verlassen der Toilette, da es sich hierbei nicht unmittelbar um ihren Mietbereich handelt. Somit kann es dazu führen, dass die WCs über mehrere Stunden beleuchtet werden, ohne dass es notwendig ist. Durch das Anbringen von Bewegungsmelder kann eben geschilderte Situation nicht erfolgen. Eine unnötige Beleuchtung ist somit ausgeschlossen, sie senkt Kosten und spart Energie ein.²¹

3.1.6 Nutzung der Solarenergie durch Photovoltaikanlagen

Mit Hilfe einer Photovoltaikanlage kann Strom aus Sonnenenergie gewonnen werden. Das Funktionsprinzip einer solchen Anlage wurde bereits grob unter Punkt 2.1.2 erläutert.

Dadurch dass die Sonnenenergie grenzenlos zur Verfügung steht, liegt es nahe, diese mit Hilfe von Photovoltaikanlagen zur umweltfreundlichen Erzeugung von elektrischer Energie zu nutzen. Photovoltaik benötigt hierzu keine Chemie oder Mechanik, zudem werden weder Schadstoffe noch Lärm erzeugt. Bei einem Vergleich mit fossiler Energieerzeugung, werden 585 Gramm weniger CO₂ pro Kilowattstunde produziert.

Die Materialien, die zur Herstellung einer Photovoltaikanlage verwendet werden sind Aluminium für die Rahmenkonstruktion, Glas für die Oberflächen und Sand für die Solarzellen. Bestandteil der Zellen ist meist Silizium ebenso wie verschiedene Halbleitermaterialien, die elektrisch leitfähig werden, wenn Licht oder Wärme zugeführt wird.²²

²¹ Interview siehe Anhang, Anlage 2 Andreas Thede, mfi management für immobilien AG, Hausinspektor der Regensburg Arcaden, persönliches Interview am 24.11.2010.

²² Vgl. Molitor, Photovoltaik-Anlagen, 2009, S.9, 35.

Eine wichtige Rolle spielen natürlich die geographische Lage, an der die Anlage installiert wird, und Orientierung der Solarmodule, ebenso wie die Jahreszeit und die Witterungsverhältnisse für den Betrieb.²³ Abhängig von diesen Faktoren ist die Leistung, die erzeugt werden kann.

Folgende Abbildung unterstützt die Aussage des Einflusses des Anlagenortes auf die Energieerzeugung. Es wird ersichtlich, dass in der südlichen Hälfte Deutschlands die Sonneneinstrahlung höher ist als im nördlichen Bereich. Im wesentlichen kann daher die Aussage getroffen werden, dass es eben dort sinnvoller ist eine Photovoltaikanlage einzusetzen.

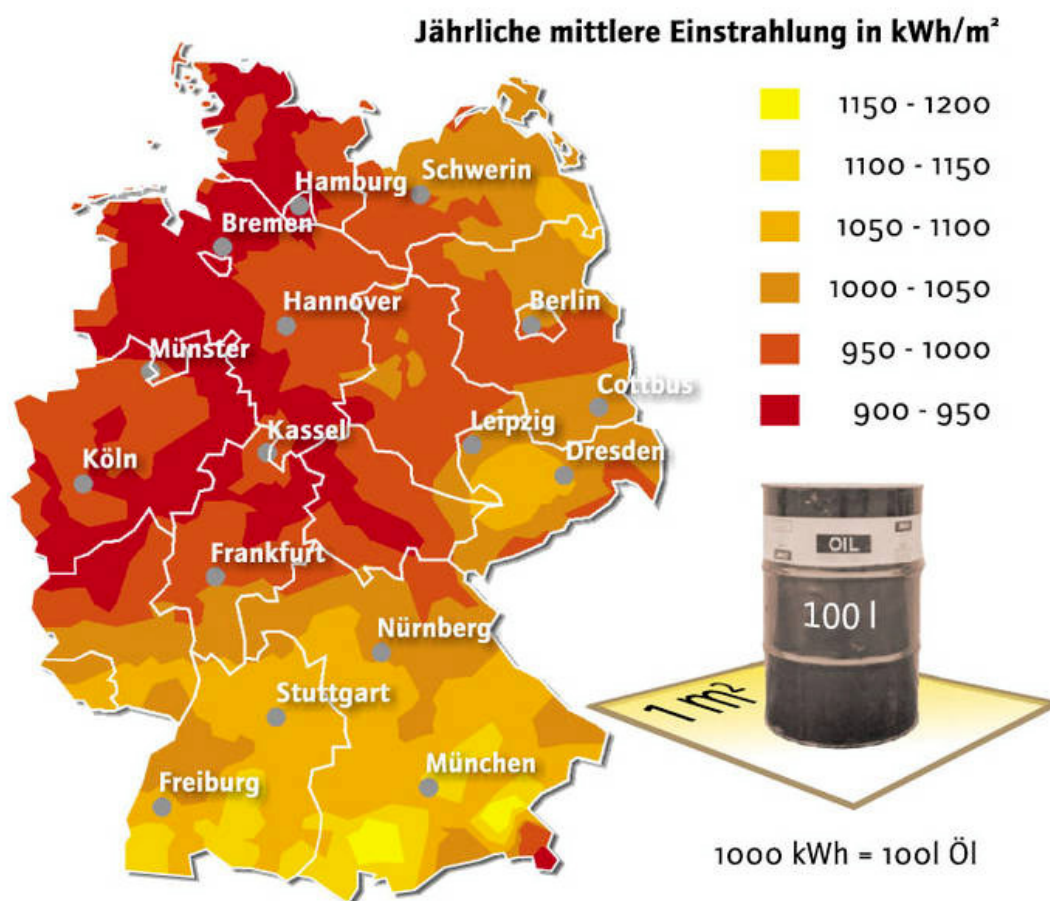


Abbildung 6: Jährliche mittlere Einstrahlung

Quelle: www.solarbusiness.de.

²³ Vgl. Molitor, Photovoltaik-Anlagen, 2009, S.15.

3.1.7 Einsatz von wasserlosen Urinalen

Mit jeder Wasserspülung werden mehrere Liter Trinkwasser verbraucht, dies ist eine Verschwendung der knappen Ressource Wasser.

Durch den Einsatz von wasserlosen Urinalen kann die Einsparung von Wasser und somit der Wasser- und Abwasserkosten gewährleistet werden. Weiterhin entfällt die Notwendigkeit der Installation von Wasserleitungen und Spülvorrichtungen. Reparaturarbeiten an den Druckspülern und Behebungen von Verstopfungen in den Abwasserleitungen erübrigen sich ebenfalls mit dieser Maßnahme.

Funktionsfähig werden wasserlose Urinale durch zwei Komponenten. Zum einen ist das die Oberflächenbeschaffenheit des Urinals, zum anderen der Siphon. Die Oberfläche ist so flüssigkeitsabweisend, dass der Urin komplett an ihr abperlt und in den Siphon gelangt. Bei diesem gibt es drei verschiedene Varianten.²⁴

Variante 1: Betrieb mit einer Sperrflüssigkeit

Bei dem Abwasserkanal wurde der Geruchsverschluss durch ein mit Wasser gefülltes Stück Leitung realisiert. Bei wasserlosem Betrieb wird Sperrflüssigkeit herangezogen. Diese ist leichter als der Urin und legt sich somit wie eine dünne Schicht über diesen. Der Urin fließt durch die Sperrflüssigkeit hindurch und läuft durch das Abflussrohr ab.

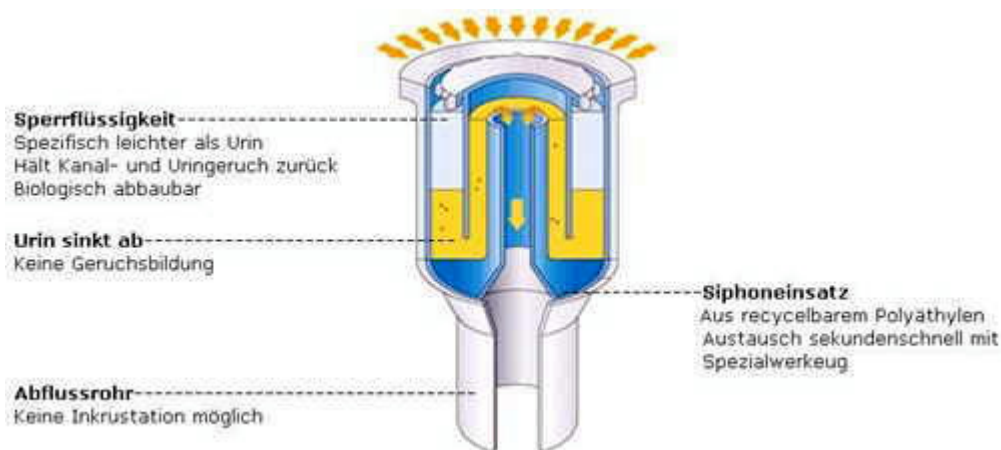


Abbildung 7: Siphon mit Sperrflüssigkeit

Quelle: www.haustechnikdialog.de.

²⁴ Vgl. o.V., www.bme.de.
o.V., www.oekoeffizient-handeln.de.

Variante 2: Mit einem Gummiventil als Sperre

Bei dieser Version kommt lediglich ein austauschbares Gummiventil als Geruchsverschluss zum Einsatz, das auf Druck reagiert. Bei Eintreffen von Urin wird Druck auf das Ventil ausgeübt, wodurch dieses öffnet. Sobald der Druck nachlässt, schließt das Ventil unverzüglich. Somit kann gewährleistet werden, dass kein Geruch freigesetzt wird.²⁵

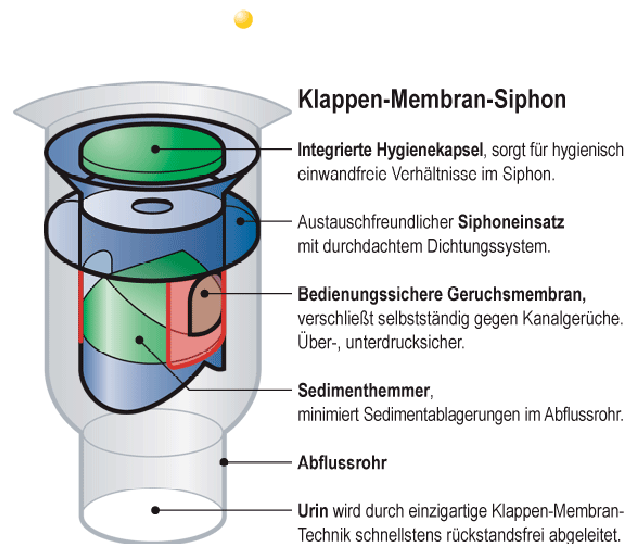


Abbildung 8: Siphon mit Gummiventil

Quelle: www.haustechnikdialog.de.

²⁵ Vgl. o.V., www.haustechnikdialog.de.

Variante 3: Mit einem Auftriebskörper als Sperre

Hydrostatisch: Hierbei wird der Auftriebskörper mit Hilfe von Urin heruntergedrückt und bleibt auf diesem Niveau stehen bis der Druck nachlässt. Sobald kein Urin mehr folgt schwimmt der Körper wieder nach oben und das Urinal ist wieder geruchsfest verschlossen.²⁶

Elektronisch: Elektronische Auftriebskörper funktionieren in Verbindung mit Sensoren. Sobald sich eine Person dem Urinal nähert, spürt ihn der Sensor auf und gibt der Elekterspule einen Impuls. Diese versetzt den Auftriebskörper in einen Abwärtsbewegung. Nachdem die Benutzung abgeschlossen ist, wird der Antriebskörper mit einer Aufwärtsbewegung wieder nach oben geschoben. Der Abfluss ist somit wieder verschlossen.²⁷

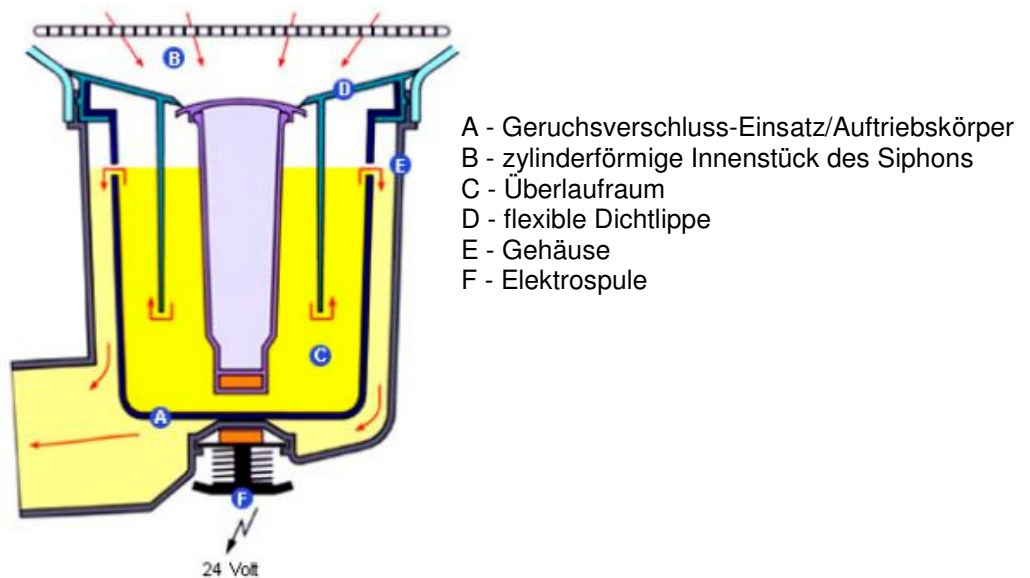


Abbildung 9: Siphon mit Auftriebskörper

Quelle: www.haustechnikdialog.de.

²⁶ Vgl. o.V., www.urimat.de.

²⁷ Vgl. o.V., www.haustechnikdialog.de.

Im Folgenden ein Beispiel zum Einsparungspotenzial und zur Amortisationsdauer in den Erlangen Arcaden:

Wasser- und Kosteneinsparung:

	Besucher	Personal
Anzahl Nutzer gesamt / Woche	57.000	900
Anzahl Benutzer der Urinale 80%	45.600	720
Durchschnittliche Nutzung / Tag	1	3
Nutzungen alle Urinal gesamt pro Woche	45.600	2.160
Wassermenge / Spülgang in Liter 2	2	2
Wasserverbrauch / Woche in Liter	91.200	4.320
Wasserverbrauch pro Jahr in m ³	4.742	225
Wasser-Abwasserkosten gesamt pro Jahr in €	15.507,65	734,57
Anzahl Urinale in den Kunden bzw. Personal WCs	5	6
Wassereinsparung pro Jahr und pro Urinal in €	3.101,53	122,43

Einsparung pro Jahr in €	15.507,65	734,57
Einsparung gesamt in €	16.242,22	

Tabelle 1: Wasser- und Kostenersparnis

Quelle: aus eigener Darstellung

Berechnungsbasis:

- Spülwassermenge pro Urinal: 2,0 Liter
- Wasser- und Abwasserpreis zusammen: 3,27 €/m³ in Erlangen
- Besucherzahl: durchschnittlich 25.000 pro Tag, wovon 38% männlich sind²⁸
- Toilettenbesucher: 80 % von allen männlichen Besuchern
- Urinalnutzer: 80% der Toilettenbesucher

Amortisationsdauer:

Berechnungsgrundlage ist das Angebot der Firma YIT Germany GmbH. Laut diesem belaufen sich die Kosten eines Urinals auf 770,00 € brutto inklusive Demontage und Neuinstallation der Urinale.

Kosten / Urinal in €	770,00
Anzahl der Urinale	11
Kosten gesamt in €	8.470,00

Benutzung / Woche	57.000	900
Kosteneinsparung in € / Jahr	15.507,65	734,57

Amortisationsdauer in Jahren	0,5	11,5
Amortisationsdauer in Monaten	7	138

Tabelle 2: Amortisationsdauer
Quelle: aus eigener Darstellung

3.1.8 Einbau von LED-Technik

²⁸ Siehe Anhang, Anlage 3 Kundenzählung Erlangen Arcaden, 2010.

LED – Technik steht im Fokus, damit ein geringerer Energieverbrauch der Leuchtmittel im Gebäude gewährleistet werden kann. Es folgt ein Rechenbeispiel, das die Anschaffungskosten und den Energieverbrauch für die Beleuchtung der Erlangen Arcaden beinhaltet.

Berechnung LED-Technik							
Standort der Leuchten	Leuchtentyp	Kosten pro Leuchtmittel inkl. Einbau	Mittlere Lebensdauer in Std.	Mittlere Lebensdauer in Jahren	Energieverbrauch pro Jahr/kW/h	Energiekosten pro Jahr	Gesamtkosten Leuchtmittel inkl. Einbau
Anlieferung 1	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	11,7	6.533	947,30 €	4.675,00 €
Anlieferung 2	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	11,7	2.306	334,34 €	1.650,00 €
Lagergänge	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	54,6	1.976	286,58 €	6.600,00 €
Technikzentralen	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	82,0	4.337	628,88 €	21.725,00 €
Mall Lichtvoute 470 lfm.	LED Leuchtenband	ca. 100,00 €	40.000	10,5	64.508	9.353,59 €	31.300,00 €
Mall Lichtauge (Hinterglasbel.) 61 lfm.	LED Leuchtenband	ca. 50,00 €	40.000	10,5	3.721	539,55 €	2.550,00 €
Mall Lichtvoute Niedervoltstrahl.	LED GU 10 3,5W	ca. 19,90 €	15.000	3,9	5.071	735,24 €	7.562,00 €
Mall Runddecke	LED GU 10 5,0W	ca. 58,00 €	15.000	3,9	2.783	403,55 €	8.468,00 €
Fluchtwegsl.	LED 3 W	ca. 50,00 €	40.000	4,6	14.717	2.133,94 €	28.000,00 €

Tabelle 3: Einbau LED – Technik

Quelle: aus eigener Darstellung in Zusammenarbeit mit Herrn Thomas Klein

Berechnungsbasis:

- Der Energieverbrauch pro Jahr ergibt sich aus der Multiplikation der Menge an Leuchtmitteln, der Laufzeit in Stunden pro Jahr und dem Verbrauch der Leuchte.
- Laufzeit in Stunden pro Jahr
 - Anlieferung 1: 4.270
 - Anlieferung 2: 4.270
 - Lagergänge: 915
 - Technikzentralen: 610
 - Mall Lichtvoute: 3.813
 - Mall Lichtauge: 3.813
 - Mall Niedervoltstrahler: 3.813
 - Mall Runddecke: 3.813
 - Fluchtwegsleuchten: 8.760

- Mittlere Lebensdauer in Jahren = Mittlere Lebensdauer in Std. / Laufzeit in Stunden pro Jahr

3.1.9 Einsatz von Torluftschleieranlagen

Torluftschleieranlagen werden an ständig offenstehenden oder häufig genutzten Eingangstüren und -toren eingesetzt, um einen Temperatenausgleich der Außenluft und der Innenluft des Gebäudes zu vermeiden bzw. zu minimieren. Es ist irrelevant, ob die Außenluft kälter oder wärmer ist. Das Funktionsprinzip ist folgendes: Aus der Anlage strömen Luftmassen, welche je nach Einstellung ebenso wie die Geschwindigkeit variieren können. Die Luft ist in Form eines Strahls, der die beiden unterschiedlich temperierten Luftmassen wie eine Wand trennt. Torluftschleieranlagen werden über den Türen und Toren angeordnet. Jedoch gibt es auch Varianten, die seitlich angebracht werden. Deren Luftstrahl strömt nicht senkrecht von oben nach unten, sondern horizontal.

Es gibt zwei Arten von Torluftschleieranlagen:

- Anlagen mit Lamellen
 - Hier wird die Luft gegen verstellbare Lamellen geblasen.
 - Die Luftrichtung ist abhängig von der Stellung der Lamellen.
 - Es sind große Luftmengen erforderlich, um das Abschirmen der beiden Luftmassen zu gewährleisten.
- Anlagen mit Düsen
 - Bei diesem Prinzip wird die angesaugte Luft erst einmal gegen ein Prallrohr geblasen, damit eine gleichmäßige Verteilung in der gesamten Anlage erfolgt.
 - Im Nachgang wird die Luft durch die Düsen nach außen geleitet.²⁹

Dadurch dass die Luft, die aus der Anlage herausgeblasen wird, im Winter erwärmt werden muss, ist eine Umluftwärmepumpe erforderlich. Einkaufszentren sind bekannt für ihre hohe Frequentierung, woraus sich ergibt, dass die

²⁹ Vgl. Schramek, Taschenbuch für Heizung, 2007, S. 1461 ff.

Eingangsanlagen stets geöffnet werden. Je öfter die Türen geöffnet werden, desto mehr warme Luft wird benötigt, um einen Ausgleich zwischen den verschiedenen Temperaturen zu schaffen. Denn kalte Luft wird vom Menschen als unangenehmer Zug empfunden, wohingegen warme Luftströme keine negativen Auswirkungen auf das menschliche Empfinden haben.

Diese Umwälzpumpe muss daher ständig in Betrieb sein und ist somit nicht zur Energieeinsparung geeignet.

Zudem ist durch die Unterbrechung des Luftstrahls aufgrund der hindurchlaufenden Personen die Effektivität der Anlagen nicht gegeben. Torluftschleieranlagen sind nur bei unterbrechungsfreiem Betrieb sinnvoll, da sie unter dieser Voraussetzung zur Energieeinsparung verwendet werden können. Bei Querung des Luftstrahls jedoch, wird dieser unterbrochen und die Außenluft gelangt in das Center hinein.³⁰ Daher ist der Einsatz von einem Windfang sinnvoller.

3.1.10 Nutzung von Tageslicht

Um den Energiebedarf für die Beleuchtung des Einkaufszentrums zu minimieren, muss bei der Planung und bei dem Bau darauf geachtet werden, dass das Konzept möglichst viel Glasflächen beinhaltet. Hierfür ist ein Glasdach unabdinglich. Große Fensterflächen bedeuten viel Tageslicht, viel Tageslicht spricht wiederum für wenig künstliches Licht. Diese Denkweise ist nicht nur in der Mall, sondern auch in den vielen Treppenhäusern eines Einkaufszentrums zu beachten. In Treppenhäusern befinden sich selten Personen, daher ist die Energie, die aufgebracht werden muss, um die Beleuchtung den gesamten Tag über aufrecht zu erhalten, Energie, die eingespart werden kann. Wenn in den Treppenhäusern große Fenster verbaut sind, fällt viel Tageslicht herein.

Somit wird mindestens von 09:00 Uhr bis 15:00 Uhr im Winter und von 09:00 Uhr bis 19:00 Uhr im Sommer das künstliche Licht überflüssig. Folglich kann im Winter mehr als 50 Prozent und im Sommer sogar mehr als 90 Prozent der notwendigen Energie, eingespart werden.

³⁰ Interview siehe Anhang, Anlage 2 Andreas Thede, mfi management für immobilien AG,

Der Aspekt des Wärmeverlusts im Winter und des Eindringens der Wärme im Sommer ist jedoch nicht zu vergessen. Um viel Tageslicht in einem Center zu realisieren, sind diesbezüglich keine Abstriche notwendig. Zur Lösung dieses Problems wird Dreifachverglasung verwendet.

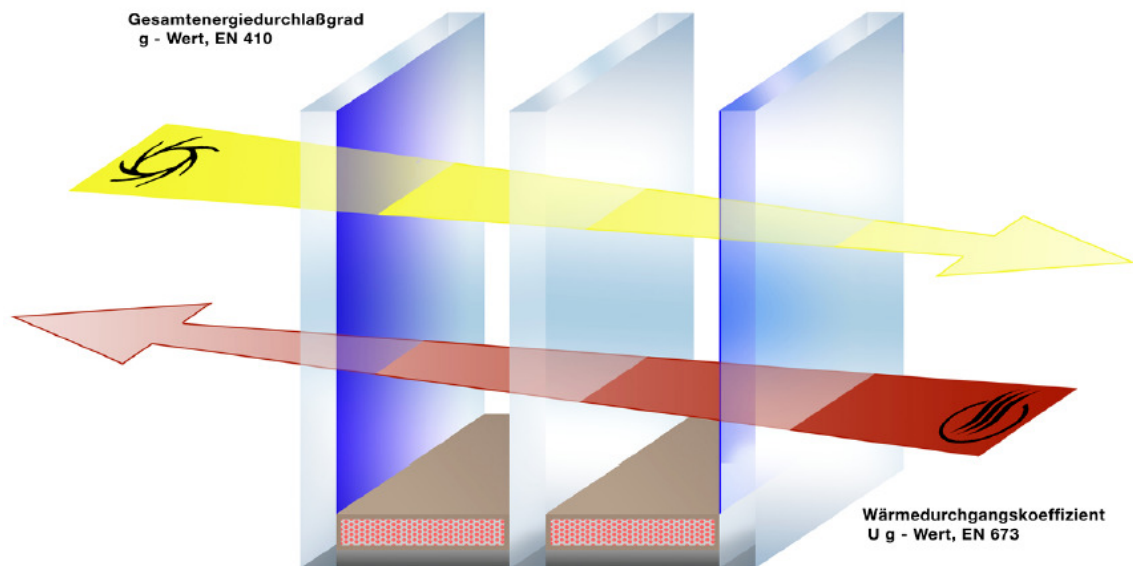


Abbildung 10: Dreifachverglasung
Quelle: www.isolierglas-center.de.

Wie in der Abbildung zu sehen ist, muss die Außenluft sowie die Innenluft drei Scheiben durchdringen, um auf die gegenüberliegende Seite zu gelangen. Jedoch verliert sie bei diesem Vorgang den größten Teil seiner Temperatur und die Verluste, die erlitten werden reduzieren sich um ein vielfaches.

3.1.11 Einbau von Lichtsensoren

Zur besseren Steuerung der Beleuchtung sowohl in der Ladenstrasse als auch im Außenbereich und zur Einsparung von Elektroenergie und Kosten, können

Lichtsensoren eingebaut werden, die über das EIB- System in Verbindung mit den Leuchtmitteln stehen. Eine weitere Möglichkeit sind Lichtsensoren in Form von Fotozellen, die bereits in den einzelnen Leuchten integriert sind und Tageslichtabhängig die Beleuchtungsstärke der Leuchtmittel beeinflussen können. Lichtsensoren messen die Beleuchtungsstärke in der Maßeinheit Lux. Die Beleuchtungsstärke ist der je Flächeneinheit einfallende Lichtstrom.³¹

Ladenstrasse

Es wird ein bestimmter Sollwert vorgegeben, beispielsweise 1000 Lux. Die Sensoren messen die Beleuchtungsstärke in der Mall ständig und vergleichen diesen Istwert mit dem Sollwert. Sobald negative Abweichungen beobachtet werden, das heißt wenn z.B. 800 Lux gemessen werden, werden die Leuchtmittel eingeschaltet. Bei Überschreitung der Sollwerts, wird die Beleuchtung wieder ausgeschaltet.

Außenbereich

- Anlieferung
- Werbebeleuchtung
- Fassadenbeleuchtung
- Parkhaus

Hier könnte der Sollwert 1.500 Lux betragen. Ebenso wie in der Mall wird die Beleuchtungsstärke stets durch die Sensoren gemessen, die den Wert an das EIB- System weiterleiten. Dort erfolgt der Vergleich zwischen Soll- und Istwert. Bei zu niedrigem Istwert empfangen die Leuchtmittel den Befehl einzuschalten.

Doch um ein ständiges Ein- und Ausschalten der Leuchtmittel in beiden Bereichen zu unterbinden, werden Verzögerungszeiten eingestellt. Zudem wird das System mit einer Zeitschaltuhr gekoppelt, damit in den Nachtstunden die Beleuchtung nicht durch Befehle der Dämmerungsschalter gesteuert wird. Würde diese Zeitschaltuhr im Außenbereich z.B. zwischen 06:00 Uhr und 22:00 Uhr und im Innenbereich zwischen 08:30 Uhr und 20:00 Uhr aktiviert werden, so würde die Regelung durch den Dämmerungsschalter in diesem Zeitraum zugelassen werden.³²

³¹ Vgl. Lindner, Arbeitswissenschaft, 2009.

Vgl. Görres, Künstliche Beleuchtung, 2001, S. 9 ff.

³² Vgl. o.V., www.leds-com.de.

3.1.12 Optimierung der Sicherheitsbeleuchtung

Laut Verkaufsstättenverordnung § 18 müssen Verkaufsstätten eine Sicherheitsbeleuchtung besitzen.³³ Diese untergliedert sich in herkömmliche Leuchten, die bei Ausfall der allgemeinen Beleuchtung entweder weiterhin leuchten müssen oder beginnen müssen zu leuchten, und Fluchtwegspiktogramme. Jedoch gibt es auch in diesem Bereich Einsparungsmöglichkeiten. Diese sind:

- Keine Notwendigkeit von Fluchtwegspiktogrammen in Technikzentralen unter 60 m²

Voraussetzung für die Einsparung der Fluchtwegspiktogramme in Technikzentralen ist, dass diese nicht größer als 60 m² ist und sich nur unterwiesene Personen in diesen Räumen aufhalten. Es muss sichergestellt werden, dass unter keinen Umständen andere Personen ohne eine unterwiesene Person in diese Räume gelangen können. Unterwiesene Personen sind in den Einkaufsarcaden die Mitarbeiter des Centermanagements, das heißt der Centermanager und dessen Assistent, der Hausinspektor, die Haustechniker wie auch die Sekretärinnen. Hinzu kommen der Wachdienst und das Wartungspersonal. Jede dieser unterwiesenen Person kennt das Gebäude und seine Räume. Bei Notfällen müssen Notleuchten jedoch nichts desto trotz leuchten.³⁴

- Ausschaltung der Sicherheitsbeleuchtung für eine Zeitspanne

Zur Einsparung von Energie kann für eine Zeitspanne die gesamte Sicherheitsbeleuchtung im Center außer Betrieb genommen werden. Dieser Zeitraum muss jedoch so gewählt werden, dass

o.V., www.download.gira.de.

³³ Vgl. Verkaufsstättenverordnung, 1998.

³⁴ Vgl. VDE 0108 Teil 100, 2005.

das Gebäude frei von nicht unterwiesenen Personen ist. Hierfür bieten sich die Nachtstunden an, da sich nachts im Normalfall nur der Wachdienst im Gebäude befindet. Von 23:00 Uhr bis 04:00 Uhr könnte die Sicherheitsbeleuchtung ausgeschaltet werden. Bis 23:00 Uhr sollte sie noch funktionsfähig sein, da sich noch Mieter im Gebäude befinden könnten, die in ihrem Mietbereich Reinigungsarbeiten durchführen. Ab 04:00 Uhr muss sie wieder in Betrieb genommen werden, da sich die Mitarbeiter der Reinigung zur Unterhaltsreinigung im Center efinden.

Berechnung der Einsparung:

	Dauer des Ausschaltens der Sicherheitsbeleuchtung in Stunden	Benötigte Leistung für die Sicherheitsbeleuchtung in der Mall in kW	Energieeinsparung pro Nacht in kW/h	Energieeinsparung pro Jahr in kW/h
	5	8	40	14.600
Kosteneinsparung in €			4,94	1.803,10

Tabelle 4: Einsparung durch das Ausschalten der Sicherheitsbeleuchtung

Quelle: aus eigener Darstellung

3.1.13 Nutzung eines Kältespeichers

Zur Schaffung einer angenehmen Umgebungstemperatur ist in den Sommermonaten die Nutzung von Kälteanlagen unentbehrlich. Die Betriebszeit in einem Center liegt zwischen 09:00 Uhr und 20:00 Uhr.

Vorteile der Nutzung eines Kältespeichers sind:

- Aufladen des Mediums zur Kühlung im Nebentarif zur Verwendung im Haupttarif
- Anfahren der Kälteanlagen mit einem niedrigen Niveau anstatt mit Volllast

Es gibt einen Haupt- und einen Nebentarif bei der Abnahme des Stroms. Der Nebentarif gilt in den Regensburg Arcaden von 18:00 Uhr bis 07:00 Uhr. Die Kosten im Nebentarif belaufen sich auf 70 Prozent der Kosten des Haupttarifs.

Haupttarif: netto 9,31 Cent pro kW/h + Zuschläge = 15,14 ct pro kW/h brutto

Nebentarif: netto 6,52 Cent pro kW/h + Zuschläge = 12,35 ct pro kWh/h brutto

Zuschläge:

EEG = 2,05 Cent pro kW/h

KWK - G = 0,005 Cent pro kW/h

Stromsteuer = 2,05 Cent pro kW/h

Netznutzungsentgelt = 1,61 Cent pro kW/h

Konzessionsabgaben = 0,11 Cent pro kW/h³⁵

Mit dem Einsatz eines Kältespeichers in Form eines Behälters mit einem Volumen von beispielsweise schon 50 m³ ist eine Einsparung des Stromverbrauchs und somit eine Senkung der Stromkosten realisierbar. Die Entnahme der 50 m³ Kaltwasser kann abends nach 20:00 Uhr oder morgens vor Beginn der Betriebszeit des Centers durchgeführt werden und in dem gedämmten Behälter bis zur Verwendung in den ersten Stunden des Betriebs aufbewahrt werden. Erst nachdem dieser Vorrat verbraucht worden ist, ist eine Abnahme im Haupttarif notwendig. Jedoch kann schon mit der Abnahme eine kurze Zeit bevor der Tank entleert wurde begonnen werden, um die Kälteanlagen zu schonen, die statt mit Volllast mit einem geringeren Niveau anfahren können.³⁶

3.2 Maßnahmen bei Bestandsobjekten

Alle, die unter Punkt 3 aufgeführten Maßnahmen können ebenfalls bei Bestandsobjekten nachgerüstet werden, jedoch mit einem höheren

³⁵ Siehe Anhang, Anlage 4 Stromrechnung REWAG, September 2010.

³⁶ Interview siehe Anhang, Anlage 2 Andreas Thede, mfi management für immobilien AG,

Kostenaufwand. Es folgen einige Rechenbeispiele sowie Maßnahmen, die in verschiedenen Centern der mfi AG durchgeführt wurden.

3.2.1 Umrüstung der Beleuchtung auf LED-Technik

Im Folgenden wird anhand des Objekts der Erlangen Arcaden die Umrüstung von herkömmlicher Beleuchtung auf LED – Technik mit dem Focus auf Energieverbrauch, Aufwand der Umrüstung und Rentabilität berechnet.

Berechnung IST- Zustand								
Standort der Leuchten	Menge	Leuchtentyp IST	Kosten pro Leuchtmittel IST	Mittlere Lebensdauer in Std.	Mittlere Lebensdauer in Jahren	Energieverbrauch pro Jahr/kW/h	Energiekosten pro Jahr	Gesamtkosten Leuchtmittel IST ohne Einbau
Anlieferung 1	85	L 58 W Neonr.	2,16 €	14.000	3,3	21.051	3.052,40 €	183,60 €
Anlieferung 2	30	L 58 W Neonr.	2,16 €	14.000	3,3	7.430	1.077,32 €	64,80 €
Lagergänge	120	L 58 W Neonr.	2,16 €	14.000	15,3	6.368	923,42 €	259,20 €
Technikzentralen	395	L 58 W Neonr.	2,16 €	14.000	23,0	13.975	2.026,39 €	853,20 €
Mall Lichtvoute 470 lfm.	313	58 W Neonr. Slimline	98,00 €	14.000	3,7	69.212	10.035,76 €	30.674,00 €
Mall Lichtauge (Hinterglasbel.) 61 lfm.	51	28 W Neonr. T 5	2,50 €	17.000	4,5	5.444	789,42 €	127,50 €
Mall Lichtvoute Niedervoltstrahl.	380	35 W Kaltlichtspiegel	2,30 €	2.800	0,7	50.706	7.352,41 €	874,00 €
Mall Runddecke	146	50 W GY 6,35	1,00 €	3.000	0,8	27.831	4.035,53 €	146,00 €
Fluchtwegsl.	560	L 6 W Neonr.	1,40 €	7.000	0,8	29.434	4.267,87 €	784,00 €

Tabelle 5: Berechnung des IST Zustandes Erlangen Arcaden

Quelle: aus eigener Darstellung in Zusammenarbeit mit Herrn Thomas Klein

Berechnungsbasis:

- Laufzeit in Stunden pro Jahr
 - Anlieferung 1: 4.270
 - Anlieferung 2: 4.270

- Lagergänge: 915
 - Technikzentralen: 610
 - Mall Lichtvoute: 3.813
 - Mall Lichtauge: 3.813
 - Mall Niedervoltstrahler: 3.813
 - Mall Runddecke: 3.813
 - Fluchtwegsleuchten: 8.760
- Mittlere Lebensdauer in Jahren = Mittlere Lebensdauer in Std. / Laufzeit in Stunden pro Jahr
 - Berechnung des Energieverbrauchs pro Jahr am Beispiel Anlieferung 1
 $(85 * 58 \text{ W} * 4.270 \text{ Std./Jahr}) / 1000 = 21.051 \text{ kW/h pro Jahr}$
 - Energiekosten pro Jahr wurden aus der Energieabrechnung entnommen
 - Gesamtkosten der Leuchtmittel ergeben sich aus der Multiplikation der Menge der Leuchten und der Kosten pro Leuchtmittel.

Für die Berechnung der LED – Technik wird auf Tabelle 3 zurückgegriffen.

Berechnung LED-Technik							
Standort der Leuchten	Leuchtentyp Neu	Kosten pro Leuchtmittel Neu inkl. Einbau	Mittlere Lebensdauer in Std.	Mittlere Lebensdauer in Jahren	Energieverbrauch pro Jahr/kW/h	Energiekosten pro Jahr	Gesamtkosten Leuchtmittel Neu inkl. Einbau
Anlieferung 1	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	11,7	6.533	947,30 €	4.675,00 €
Anlieferung 2	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	11,7	2.306	334,34 €	1.650,00 €
Lagergänge	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	54,6	1.976	286,58 €	6.600,00 €
Technikzentralen	18 W LED Röhre	ca. 55,00 €	50.000	82,0	4.337	628,88 €	21.725,00 €
Mall Lichtvoute 470 lfm.	LED Leuchtenband	ca. 100,00 €	40.000	10,5	64.508	9.353,59 €	31.300,00 €
Mall Lichtauge (Hinterglasbel.) 61 lfm.	LED Leuchtenband	ca. 50,00 €	40.000	10,5	3.721	539,55 €	2.550,00 €
Mall Lichtvoute Niedervoltstrahl.	LED GU 10 3,5W	ca. 19,90 €	15.000	3,9	5.071	735,24 €	7.562,00 €
Mall Runddecke	LED GU 10 5,0W	ca. 58,00 €	15.000	3,9	2.783	403,55 €	8.468,00 €
Fluchtwegsleuchten	LED 3 W	ca. 50,00 €	40.000	4,6	14.717	2.133,94 €	28.000,00 €

Tabelle 3: Einbau LED – Technik

Quelle: aus eigener Darstellung in Zusammenarbeit mit Herrn Thomas Klein

Berechnung der eingesparten Austauschkosten der Leuchtmittel aufgrund der höheren Lebensdauer von LED – Technik:

Standort der Leuchten	Anzahl des verschleißbedingten Austauschs im Verhältnis	Anzahl der zu wechselnden Leuchtmittel (Stück mal Verhältnis)	Gesamtersparnis der Austauschkosten
Anlieferung 1	2,6	219	368,84 €

Tabelle 6: Berechnung der Austauschkosten

Quelle: aus eigener Darstellung in Zusammenarbeit mit Herrn Thomas Klein

Berechnungsbasis:

- Bei den HT Kosten pro Minute ist von einem Einkommen von 2.600 € bei einer 40 Stunden Woche ausgegangen worden.
 $2.600 \text{ €} / 160 \text{ Stunde} = 16,25 \text{ €} / \text{Std.}$
 $16,25 \text{ €} / \text{Std.} / 60 \text{ Minuten} = 0,28 \text{ €} / \text{Min.}$
- Verschleißbedingter Austausch ist der Austausch der herkömmlichen Leuchtmittel im Gegensatz zur LED- Technik im Verhältnis Lebensdauer neu / Lebensdauer alt - 1

Amortisationsdauer				
Standort der Leuchten	Laufzeit in Std./ Tag	Laufzeit in Std./ Jahr (305 Tage)	Energieersparnis pro Jahr	Amortisationsdauer in Jahren
Anlieferung 1	Ø 14	4.270	2.105,10 €	1,9
Anlieferung 2	Ø 14	4.270	742,98 €	1,9
Lagergänge	Ø 3	915	636,84 €	5,7
Technik-				

Tabelle 7: Berechnung der Amortisationsdauer

Quelle: aus eigener Darstellung in Zusammenarbeit mit Herrn Thomas Klein

Berechnungsbasis:

- Energieersparnis pro Jahr = Energiekosten alt – Energiekosten neu
- Amortisationsdauer: Gesamtkosten Leuchtmittel neu / (Energieersparnis pro Jahr + Gesamtersparnis der Austauschkosten)

Aus dieser Berechnung lassen sich nachstehende Aussagen zur Rentabilität der Umrüstung treffen:

Rentabel ist die Umrüstung auf LED –Technik in Folgenden Bereichen

- Anlieferung 1
- Anlieferung 2
- Lagergänge
- Technikzentralen
- Mall Lichtauge
- Mall Niedervoltstrahler
- Mall Runddecke

Der Grund lässt sich aus den Tabellen herauslesen. In all diesen Räumlichkeiten beträgt die Amortisationsdauer weniger als die mittlere Lebensdauer der jeweiligen Leuchtmittel.

Eine Umrüstung der Fluchtwegsleuchten auf LED ist energetisch betrachtet sinnvoll, jedoch dadurch dass die Anschaffungskosten äußerst hoch sind, beträgt die Amortisationsdauer nahezu so viel wie die mittlere Lebensdauer der Leuchten selbst. Insofern ist eine Umrüstung nicht wirklich rentabel.

Bei der Lichtvoute hat die Berechnung gezeigt, dass eine Umrüstung nicht rentabel wäre, da die Amortisationsdauer 18,8 Jahre bei einer mittleren Lebensdauer von 10,5 Jahren beträgt.

3.2.2 Kühlung des Centers durch RWA in den Sommermonaten

Bei zu hohen Temperaturen, die sich aus den unterschiedlichen Temperaturen in der Mall als Mittelwert ergeben, wird die Ladenstrasse mittels RWA-Klappen über die Gebäudeleittechnik gelüftet. Diese werden so eingestellt, dass sie automatisch öffnen, eine gewisse Zeit offen bleiben und nach Ablauf dieser Zeitspanne automatisch wieder schließen³⁷

Dies ist das Prinzip während der Betriebszeiten. Nachts jedoch kann das Center durch offen stehende RWA-Klappen zum einen gelüftet und zum anderen durch die niedrigen Temperaturen heruntergekühlt werden. Dadurch wird das Center über die gesamte Nacht auf ein niedrigeres Niveau gekühlt und es wird am nächsten morgen wesentlich weniger Energie zu Nachkühlung benötigt. Diese Verfahrensweise ist selbstverständlich nur in den Sommermonaten anzuwenden.

3.2.3. Nachrüsten von Sonnenschutzvorhängen

Auch bei Bestandsobjekten der mfi AG wurde Wert auf ein Glasdach gelegt, mit dem Nachteil, dass keine Dreifachverglasung verwendet wurde. Dies führt im Winter zu hohen Wärmeverlusten und im Sommer zu hohen Temperatureinwirkungen durch die eindringenden Sonnenstrahlen. Ein Austausch der Glasscheiben wäre zu Zeit- und Kostenaufwendig, weshalb nach Alternativlösungen gesucht werden muss.

³⁷ Vgl. Özbay, Praktikumsbericht, 2010.

Eine Alternative für die Sommermonate sind Sonnenschutzvorhänge. Sie verhindern das direkte Einstrahlen der Sonne in die Mall und hemmen die somit entstehenden hohen Temperaturen in der Ladenstrasse. Durch diese simple Maßnahme können die Kältemaschinen entlastet werden. Dies ist eine einfache Einsparmaßnahme an Energie und somit Kosten, die nicht mit viel Aufwand in Verbindung steht.

3.2.4 Präparation der Lüftungsklappen bei Leerstand

Bei Insolvenz, Umzug oder Kündigung des Mietvertrags der Mieter erfolgt nach dem Auszug des Altmieters ein Rückbau des Mietbereichs auf ein vom Center festgelegten Standard. Während dieser Rückbauphase bis hin zum Einzug des nächsten Mieters kann auf eine Be- und Entlüftung des Bereichs verzichtet werden, da sich nicht oft Personen in diesen Räumlichkeiten befinden. Um dies umsetzen zu können kann eine Verschließung der Lüftungsklappen vorgenommen werden. Der Differenzdruckmesser ermittelt den Druck in den Lüftungsrohren und übermittelt diesen Wert an den Frequenzumformer wie bereits unter Punkt 3.1.2 beschrieben wurde. Dadurch regelt er die Leistung des Motors der Lüftungsanlage herunter, wodurch Elektroenergie und demzufolge auch Kosten eingespart werden können.

3.2.5 Optimierung der Rampenheizung

In den Parkhäusern bzw. Parkdecks von Einkaufszentren sind wie gewöhnlich Auf- und Abfahrtsrampen integriert. Diese müssen im Winter durch den Einsatz von Rampenheizungen erwärmt werden, um den Frostschutz zu gewährleisten. Doch um Energie und Kosten einzusparen, kann diese im Intervall geschaltet werden. Die Länge des Intervalls ist abhängig von den aktuellen Temperaturen einzustellen. Bei Temperaturen bis etwa $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, wenn die Heizung ihre Wärme nicht schnell verliert, kann ein Intervall von zwei Stunden angesetzt werden.

Das heißt, die Rampenheizung sollte zwei Stunden zugeschalten werden und im Nachgang für zwei Stunden abgeschalten werden. Bei sehr niedrigen Temperaturen sollte der Intervall nicht so groß gewählt werden. Beispielsweise könnte eine Zeitspanne von einer Stunde angesetzt werden.

Wie bereits erwähnt ist diese Einsparmaßnahme jedoch täglich zu verfolgen und Temperaturabhängig einzustellen.

3.2.6 Lichtabschaltung in den Aufzügen

Etwa 60 Prozent der Energie, die ein Aufzug benötigt, wird während der Stillstandphase verbraucht.³⁸ Denn die Kabinenbeleuchtung wie auch die Steuerung ist stets in Betrieb, auch wenn der Aufzug nicht genutzt wird. Mit Hilfe einer Lichtabschaltung wird das Licht in der Kabine bei Nichtbenutzung über eine vorgegebene Dauer, beispielsweise eine Minute, ausgeschalten und schaltet sich bei dem nächsten Ruf automatisch wieder ein. Eben beschriebene Situation ist tagsüber bei Betrieb des Centers umsetzbar. Für die Nachtstunden, an denen die Aufzüge in den Stand-By Modus versetzt werden, kann vorgegeben werden, dass z.B. von 21:00 Uhr bis der erste Ruf getätigt wird ab 08:00 Uhr, weder die Beleuchtung noch die Steuerung aktiv ist. Eine Einsparung von fast 50 Prozent für die Kabinenbeleuchtung und Steuerung wäre somit verwirklicht. Durch Zeitschaltuhren, Schlüsselschalter oder eine Programmierung der Software ist dies realisierbar.

Bei Anwendung eines solchen Systems ist jedoch auf die gewählten Leuchtmittel zu achten, denn durch das mehrmalige Ein- und Ausschalten können empfindliche Leuchtmittel ausfallen. Optimal für eine Lichtabschaltung ist daher LED-Technik.³⁹

³⁸ Vgl. o.V., www.energieundbau.de.

³⁹ Vgl. o.V., www.energieundbau.de.
o.V., www.thyssenkrupp-aufzuege.de.

4. Fazit

Ziel ist es in den nächsten Jahren auf den Stand eines Null – Energie Gebäudes zu gelangen, um die Umweltbelastung drastisch zu senken und parallel die Ertragssituation durch das Senken der Kosten auf ein Minimum deutlich zu verbessern.

In der vorangegangenen Arbeit wurden viele technische Maßnahmen sowie Anlagen auf ihre Funktionsweisen wie auch auf ihre Energieeffizienz geprüft und untersucht. Es wurde unterschieden zwischen Neubauten und

Bestandsobjekten, wobei alle Maßnahmen, die während der Errichtungsphase mit in die Planung eingehen ebenso in Bestandsobjekten nachgerüstet werden können. Zu Beachten ist jedoch, dass bei Nachrüstung der oben genannten Maßnahmen und Anlagen, meist der Aufwand an Zeit und Kosten unrealistisch hoch liegt. Es wurden ebenfalls unter Punkt 3.2 umgesetzte Handlungen beschrieben, die zur Einsparung an Energie und Kosten beitragen, die keinerlei Umbauarbeiten oder Investitionen benötigen. Allein durch Regelungstechnik und innovativen Ideen kann hier eine Einsparung verwirklicht werden.

Der einführende Abschnitt verdeutlicht die Notwendigkeit der Nutzung von regenerativen Energien zur Schonung der verknappenden fossilen Energieträger und Reduzierung der Emission von Treibhausgasen in die Erdatmosphäre. Regenerative Energien, ebenfalls bekannt als Erneuerbare Energien, sind die Erzeugung von Energie auf natürlicher Basis. Verwendet wird hierzu die Kraft von beispielsweise Wasser, Wind oder Sonne. Die Anschaffungskosten für Anlagen, die die natürlichen Ressourcen in Energie umwandeln sind anfangs hoch, jedoch amortisieren sich die meisten in kurzer Zeit. Die Reduzierung der Treibhausgasemission ist allerdings bei jeder Anlage gegeben.

In dem mittleren Abschnitt, der den Hauptteil dieser Arbeit ausmacht, werden viele technische Möglichkeiten analysiert und erläutert, die zur Kosten- sowie Energieeinsparung beitragen. Jedoch hat sich während der Bearbeitungsphase zugleich herausgestellt, dass vereinzelte Maßnahmen, die vermeintlich kostensparend sind, im Gegenteil mehr Kosten durch ihren Betrieb verursachen, als dass sie einsparen.

Unterteilt wird in Neubauten und Bestandsobjekte. Der erste Teil befasst sich mit Maßnahmen in Neubauten, die jedoch mit viel Aufwand ebenso in

Bestandsobjekten nachgerüstet werden können. Der zweite Teil erläutert Maßnahmen, die bereits in vielen mfi Objekten durchgeführt werden.

So ergibt sich für Lüftungsanlagen mit Wärmetauschern, dass diese einen gravierenden Beitrag zur Energieeinsparung leisten, dadurch dass sie eine Nachheizung der Zuluft, die den Mietbereichen zugeführt wird, auf ein Minimum reduzieren. Zudem gibt es verschiedene Varianten von Wärmetauschern, wie Plattenwärmetauscher, Rotationswärmetauscher oder Kreuz – Gegenstrom – Wärmetauscher, was einen weiteren Vorteil bedeutet.

Einen wesentlichen Anteil zur Einsparung leisten Volumenstromregler. Diese regeln mit Hilfe von Differenzdruckmessern und einem Frequenzumformer die Leistung des Motors einer Lüftungsanlage den Anforderungen entsprechend herunter oder herauf. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Lüftung zu den Morgen- bzw. Abendstunden, in denen deren Leistungsgrad nicht zu 100 Prozent erforderlich ist, nicht unnötig Energie verbraucht.

Ferner wurde erläutert, dass Rauch – Wärme – Abzugsanlagen, die Bestandteil des Gebäudebrandschutzkonzepts sind, gleichermaßen als natürliche Lüftung des Centers betrieben werden können. Aufgrund der Installation an dem höchsten Punkt des Gebäudes, um die eigentliche Funktion sicherzustellen, kann in den Sommermonaten, die dort angestaute warme Luft ohne jeglichen Aufwand herausgeführt werden. Allein das Öffnen der RWA – Klappen reicht dazu aus.

Des Weiteren wird die Optimierung der Raumluftechnik mittels Bewegungsmeldern erklärt. Hierzu werden in den Aufenthaltsräumen und Lagerbereichen Bewegungsmelder angebracht, die mit den Volumenstromreglern gekoppelt sind. Bewegungsmelder registrierten eine Bewegung in dem Raum, geben die Information weiter und die Volumenstromregler öffnen zu 100 Prozent. Nehmen diese keine Bewegung mehr wahr, so leiten sie auch diese Meldung weiter, wodurch die Regler bis zu einem vorgegebenen Wert schließen. In beiden Fällen gelangt die Mitteilung an den Frequenzumformer, der wiederum den Motor der Anlage hoch- bzw. herunterregelt. Dies lässt die Aussage treffen, dass unnötiger Energieaufwand vermieden wird.

Zudem können Bewegungsmelder als Lichtschalter verwendet werden. Da sich in langen Fluren, Treppenhäusern, Umkleideräumen, Lagern und in den

Personal WCs nicht fortwährend Personen aufhalten, kommen hier Bewegungsmelder mit integriertem Dämmerungsschalter zum Einsatz. Diese lösen nur bei Registrierung einer Bewegung aus, und zwar nur bei einem vorgegebenen Dunkelheitsgrad. Somit ist sichergestellt, dass die Beleuchtung in diesen Bereichen nicht unnötig Energie verbraucht.

Mit Photovoltaikanlagen kann Strom aus Sonnenenergie gewonnen werden, ohne Schadstoffe und Lärm zu verursachen. Ohne Chemie oder Mechanik wird bei dieser Methode Elektroenergie erzeugt. Das auf das Solarmodul, welches meistens aus Silizium besteht, einfallende Licht wird von einem Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt und anschließend in das öffentliche Netz eingespeist. Dies ist das Prinzip zur Stromerzeugung mit Erneuerbaren Energien, wodurch ebenso Erträge gewonnen werden können. Durch die Einspeisung in das öffentliche Netz wird Strom an die Stadtwerke verkauft. Im Anschluss nimmt das Center wieder bei den Stadtwerken Strom ab, jedoch zu günstigeren Konditionen. Bei der Anwendung von Photovoltaikanlagen spielen allerdings die geographische Lage, die Ausrichtung der Solarmodule und die Witterungsverhältnisse eine große Rolle.

Die wahrscheinlich nachhaltigste Aussage kann zu dem Einsatz von wasserlosen Urinalen in Einkaufszentren getroffen werden. Wasserlos betriebene Urinale sparen die Ressource Wasser ein, die bei einer gewöhnlichen Wasserspülung verbraucht worden wäre. Zudem fällt die Installation von Wasserleitungen und Spülvorrichtungen weg, es müssen keine Reparaturarbeiten an Druckspülern und Behebungsarbeiten von Verstopfungen durchgeführt werden. Am Beispiel der Erlangen Arcaden wird eine Kosteneinsparung für Wasser und Abwasser insgesamt von 16.242,22 € festgestellt.

Die Amortisationsdauer für Personal WCs beträgt 11,5 Jahre und für Kunden WCs 7 Monate. Das Ergebnis zeigt eindeutig, dass eine Investition in wasserlose Urinale rentabel ist und zudem die knappe Ressource Wasser erheblich schont.

Eine angebliche Einsparung sollen auch Torluftschleieranlagen garantieren. Bei der vorangegangenen Untersuchung wird jedoch festgestellt, dass diese nur bei unterbrechungsfreiem Betrieb ihrer Funktion nachkommen können und diese bei der hohen Frequenz eines Einkaufszentrums nicht realisiert werden kann. Durch das ständige Öffnen der Eingangsanlagen wird der Luftstrahl, der die

zwei unterschiedlichen Luftmassen trennen soll, unterbrochen und erfüllt somit nicht seine Aufgabe. Nichtsdestotrotz ist die Umwälzpumpe, die den Luftstrahl erwärmt, ständig in Betrieb. Dazu benötigt sie Elektroenergie. Die Energie, die dafür aufgewendet wird, ist ineffizient genutzte Energie, da wie eben beschrieben die Aufgabe der Torluftschleieranlage nicht ausgefüllt wird.

Weiterhin ist LED – Technik, aufgrund ihrer hohen Lebensdauer und des geringen Verbrauchs an Elektroenergie, im Fokus bei Errichtung von Neubauten. Somit können mit Hilfe der Berechnung unter Punkt 3.1.8 folgende Aussagen getroffen werden:

Während der Errichtungsphase der Erlangen Arcaden sind in allen Bereichen der Beleuchtung hohe Anschaffungskosten notwendig, jedoch ist die mittlere Lebensdauer beträchtlich. Die mittlere Lebensdauer ist so hoch angesetzt, da es separate Einigungen und Verhandlungen mit den Herstellerfirmen gibt, die genau diese Lebensdauer garantieren. Sofern die Leuchtmittel nicht die gewährleistete Lebensdauer erfüllen, so sind die Unternehmen bereit, diese Kostenneutral zu ersetzen.

Ebenso wird darauf hingewiesen, dass die Einplanung von großen Glasflächen nicht unterschätzt werden darf. Dadurch gelangt viel Tageslicht in das Center, das wiederum macht eine künstliche Beleuchtung vor allem in den Sommermonaten über den Tag hinweg beinahe überflüssig. Bei dem Bau von diesen Glasflächen, muss allerdings darauf geachtet werden, dass Dreifachverglasung zum Einsatz kommt. Denn durch die Glasflächen wird das Eindringen von kalter Luft im Winter und warmer Luft im Sommer möglich. Dies wiederum würde eine höhere Aufwendung von Elektroenergie für die Erwärmung bzw. Kühlung des Centers veranlassen.

Hinzu kommt der Einbau von Lichtsensoren in der Ladenstrasse wie auch im Außenbereich. Lichtsensoren messen die Beleuchtungsstärke, die sie an Dämmerungsschalter weiterleiten. Der Dämmerungsschalter wird auf einen bestimmten Sollwert eingestellt und bei dem Vergleich von den Soll- und Istwerten, stellt sich heraus, ob der Befehl zu leuchten herausgegeben werden muss oder nicht. Unterschreitet der Istwert den Sollwert, so wird der Befehl herausgeschickt, sobald der Wert wieder überschritten wird und eine voreingestellte Zeitspanne konstant darüber geblieben ist, so wird der Befehl zurückgezogen und die Leuchtmittel gehen aus. Ein Zeitmaß muss vorgegeben werden, da sonst das stetige Ein- und Ausschalten bei einer minimalen

Veränderung nicht verhindert werden kann. Beispielsweise könnte die Sonne für 20 Sekunden hinter einer Wolke verschwinden, womit die Leuchtmittel beginnen würden zu leuchten. Nachdem die Sonne wieder hervortritt, wären die Leuchten wieder aus. Dies würde zu einem höheren Verschleiß der Leuchtmittel führen, was wiederum hohe Austauschkosten verursachen würde. Zur Sicherheitsbeleuchtung ist zu erwähnen, dass mit zwei Maßnahmen auch hier eingespart werden kann. Zum einen gibt die VDI 0100 vor, dass in Technikzentralen erst ab 60 m² Fluchtwegspiktogramme notwendig sind. Es gibt einige Zentralen, die kleiner sind als dieser Wert, daher können dort die Piktogramme eingespart werden. Zum anderen kann die Sicherheitsbeleuchtung in den Nachtstunden, in den sich keine Personen in dem Center befinden, ausgeschaltet werden. Das führt, wie am Beispiel erkenntlich wird, zu einer Einsparung von 4,94 € pro Nacht und 1.803,10 € pro Jahr.

Kälteanlagen sind unabdinglich im Sommer, um die Mietbereiche sowie die Ladenstrasse mit angenehmer Temperatur zu versorgen. Zum Betrieb wird Kaltwasser benötigt. Die Abnahme kostet im Haupttarif 15,14 Cent pro Kilowattstunde und im Nebentarif 12,35 Cent pro Kilowattstunde. Daraus ergibt sich, dass die Verwendung eines Kältespeichers in Form eines gedämmten Behältnisses sinnvoll zur Zwischenspeicherung ist. Es kann im Nebentarif Kaltwasser abgenommen und bis zu den Öffnungszeiten des Centers gespeichert werden. Zu diesen Zeiten gilt der Haupttarif. Um nicht gleich im Haupttarif entnehmen zu müssen, wird dann das gespeicherte Wasser ausgeschöpft und erst anschließend wieder im Haupttarif Kaltwasser abgenommen.

Zur Umrüstung der herkömmlichen Beleuchtung eines Bestandsobjekts auf LED – Technik wird eine Berechnung für die Erlangen Arcaden durchgeführt. Aus dieser wird ersichtlich, dass eine Umrüstung in den Bereichen der Anlieferung 1 und 2, Lagergänge, Technikzentralen, Mall Lichtauge, Mall Niedervoltstrahler wie auch Mall Runddecke rentabel ist. Hier beträgt die Amortisationsdauer deutlich weniger als die mittlere Lebensdauer der jeweiligen Leuchtmittel. Kostenneutral wäre die Umrüstung der Fluchtwegsleuchten, da die Amortisationsdauer beinahe so lange ist, wie die mittlere Lebensdauer der Leuchten selbst. Definitiv unrentabel ist der Austausch im Bereich der

Lichtvoute. Die Amortisationsdauer beträgt etwa acht Jahre länger als die mittlere Lebensdauer.

Mit Hilfe der Rauch – Wärme – Abzugsanlagen kann das Center auf natürliche Weise gelüftet werden. Die RWA – Klappen befinden sich an dem höchsten Punkt des Gebäudes, wodurch sich eben dort die warme Luft anstaut. Alleine durch das Öffnen der Klappen, kann die Luft nach draußen entweichen und eine energieaufwendige Kühlung des Centers muss nicht betrieben werden.

Dadurch dass die mfi Objekte meist ein Glasdach besitzen, welches jedoch nicht mit Dreifachverglasung versehen ist, erwärmt sich die Mall in den Sommermonaten enorm durch die Sonneneinstrahlung. Dem entgegenzuwirken werden Sonnenschutzvorhänge angebracht, die das Eindringen der Sonnenstrahlen verhindern und somit die Erwärmung der Ladenstraße im Sommer abwenden.

Für Mietbereiche, die z.B. durch Umzug, Insolvenz oder Kündigung des Mietvertrags leer stehen ergibt sich eine einfache Maßnahme zur Energieeinsparung bezüglich der Lüftungsanlage. Dadurch dass die Lüftungsklappen präpariert werden, indem sie verschlossen werden, erhöht sich der Druck in den Lüftungsrohren, der von dem Differenzdruckmesser registriert wird. Durch die Weiterleitung an den Frequenzumformer wird dann die Leistung des Motors der Lüftung heruntergeregelt.

Mit der Optimierung der Rampenheizung kann ebenso Elektroenergie eingespart werden. Im Winter wird diese in Betrieb genommen, um die Rampen in den Parkhäusern zu beheizen, damit keine Rutschgefahr durch Eisschichten entstehen kann. Jedoch muss diese nicht ständig in Betrieb sein, da die Heizungsrohre nicht sofort nach Abschaltung auskühlen. Eine Frist bleiben diese noch warm und sind somit noch funktionsfähig.

Diese Zeitspanne muss temperaturabhängig erprobt werden, jedoch kann gesagt werden, dass der Betrieb der Rampenheizung im Intervall geschaltet werden kann.

Mit Hilfe eines Systems zur Lichtabschaltung in den Aufzugskabinen außerhalb der Öffnungszeiten des Einkaufszentrums und während der Stillstandsphase tagsüber, kann etwa 60 Prozent der Energie eingespart werden, die ein Aufzug üblicherweise verbraucht.⁴⁰ Die Beleuchtung wird beispielsweise ab 21:00 Uhr abgeschaltet bis zum ersten Ruf am nächsten morgen ab etwa 08:00 Uhr. In

⁴⁰ Vgl. o.V., www.energieundbau.de.

diesem Zeitraum ist weder die Beleuchtung noch die Steuerung aktiv. Realisiert werden kann dies durch entweder Zeitschaltuhren, Schlüsselschalter oder durch Programmierung in der Software.

Abschließend ist festzuhalten, dass nicht alle technischen Neuheiten zur Energieeinsparung geeignet sind.

Um ein erfolgreiches Ergebnis zu erzielen, ist Eigeninitiative des Hausinspektors, also technischen Leiters, gefragt. Durch sein Engagement Untersuchungen, Recherchen und Berechnungen durchzuführen, kann die Rentabilität einer Anlage oder Maßnahme tatsächlich ermittelt werden, dadurch die Herstellerangaben überprüft und centerspezifisch ausgewertet werden.

Anlagenverzeichnis

<u>Anlage 1: Kundenbefragung Regensburg Arcaden</u>	IX
<u>Anlage 2: Interviews</u>	XI
<u>Anlage 3: Kundenzählung Erlangen Arcaden</u>	XV
<u>Anlage 4: Stromrechnung REWAG</u>	XVII

Anlage 1: Kundenbefragung Regensburg Arcaden

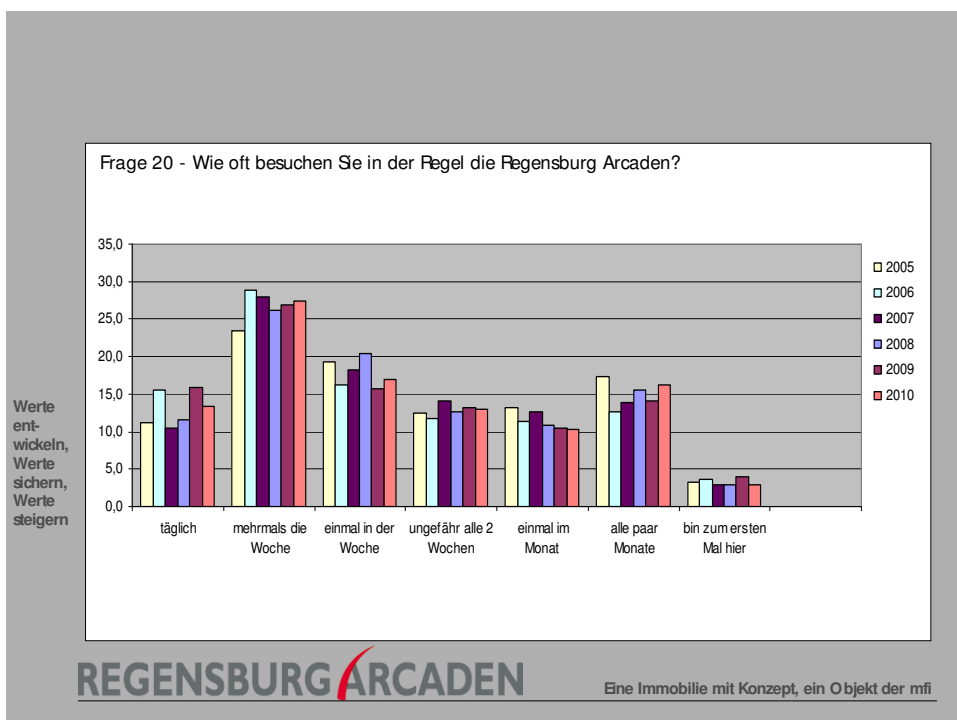
Werte entwickeln, Werte sichern, Werte steigern

Regensburg Arcaden

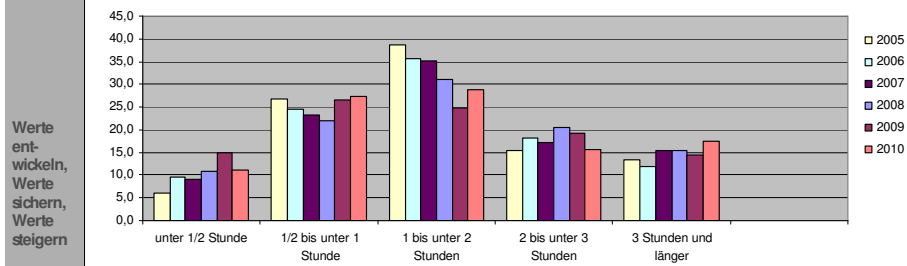
Auswertung der kleinen Kundenbefragung

Vergleich 2005 - 2010

REGENSBURG ARCADEN Eine Immobilie mit Konzept, ein Objekt der mfi



Frage 30 - Wie lange halten Sie sich durchschnittlich bei einem Besuch in den Regensburg Arcaden auf?



REGENSBURG  **ARCADEN**

Eine Immobilie mit Konzept, ein Objekt der mfi

Anlage 2: Interviews

Rotationswärmetauscher

Pelin Özbay:

Können sie mir bitte die Funktionsweise eines Rotationswärmetauschers erläutern?

Jens Moritz:

Ein Rotationswärmetauscher hat einen Rotor, der aus Blech besteht. Eine Hälfte des Rotors wird mit Zuluft und die andere mit Abluft durchströmt. Die Blechlamellen nehmen die warme oder kalte Luft aus der Abluft auf und geben sie nach einer halben Rotation wieder an die Zuluft ab. Der Antrieb des Rotors entsteht durch einen Motor, der einen Keilriemen antreibt. Der Keilriemen versetzt den Rotor dann in Bewegung. Durch die Drehbewegung findet ein Wechsel der beiden Teile statt und somit strömt dann die Zuluft durch die warmen Kanäle und wärmt sich auf und umgekehrt.

Volumenstromregler

Pelin Özbay:

Volumenstromregler werden von einer übergeordneten Regelung gesteuert. Welche Informationen benötigt diese Regelung?

Thomas Klein:

Benötigte Informationen sind die verschiedenen Drücke der Rohrleitungen und der Kanäle. Diese werden durch einen Differenzdruckmesser ermittelt und an die Regelung übermittelt. Es gibt vorgegebene Werte für den Druck im Rohrleitungssystem (werden durch Programmieren festgelegt). Wird dieser Druck über- oder unterschritten greift die Regelung ein, indem sie dem Frequenzumformer den Befehl gibt, den Motor der Anlage langsamer oder schneller fahren zu lassen. Dadurch dass der Motor die Geschwindigkeit reduziert oder erhöht, gelangt weniger oder mehr Luft in die Rohrleitungen und der Stromverbrauch sinkt oder steigt automatisch.

Sicherheitsbeleuchtung

Pelin Özbay

Wie viel Leistung verbraucht allein die Sicherheitsbeleuchtung in der Ladenstrasse und den Treppenhäusern?

Andreas Thede:

Da es sich nur um die Mall und die Treppenhäuser handelt und nicht um die einzelnen Mietbereiche, verbraucht sie nicht sehr viel. Es sind 8 kW.

Raumluftechnische Anlagen in Verbindung mit Bewegungsmeldern

Pelin Özbay:

Wie kann die Steuerung der RLT- Anlagen durch den Einsatz von Bewegungsmeldern realisiert werden?

Thomas Klein:

Zur Realisierung dieser Maßnahme müssen natürlich die Bewegungsmelder mit der MSR- Anlage gekoppelt sein, damit diese wiederum den Volumenstromregler bedient.

Der Melder muss erst einmal eine Bewegung bemerken. Diese gibt er durch die Kopplung an die MSR-Anlage weiter, wodurch diese den Volumenstromregler entsprechend der benötigten Luftmenge öffnet. Der Druck im Kanalsystem fällt ab,

was wiederum durch den Differenzdruckwächter erkannt wird. Nun wird der Frequenzumformer angesprochen, der dann die Drehzahl des Motors durch Frequenzanpassung erhöht. Wenn dann keinen Bewegung mehr registriert wird, wird auch dies an die Regler weitergegeben und diese schließen bis auf einen eingestellten Wert, beispielsweise bis 10 %. Dadurch misst der Differenzdruckmesser einen größeren Druck in der Rohrleitung. Diese Information gelangt wiederum an den Frequenzumformer, der die Lüftungsanlage herunterregelt.

Beleuchtung

Pelin Özbay:

Kann auch eine Regelung der Beleuchtung mit Hilfe von Bewegungsmeldern realisiert werden?

Andreas Thede:

In höherwertigen Bewegungsmeldern sind Dämmerungsschalter integriert, die zum einen gewährleisten, dass diese nur bei Dunkelheit anspringen und zum anderen können diese auf eine bestimmte Zeitspanne, in der sie aktiviert werden dürfen eingestellt werden. Daher ist auch hier eine Regelung mittels Bewegungsmeldern möglich und auch sehr sinnvoll.

Torluftschleieranlagen

Pelin Özbay:

Wie ist die Funktionsweise von Torluftschleieranlagen? Und wie effektiv sind diese?

Andreas Thede:

Torluftschleieranlagen sind im Prinzip nur sinnvoll, wenn der Luftstrahl, der herausgeblasen wird nicht unterbrochen wird. Nur dann ist die Trennung der beiden Temperaturbereiche gewährleistet. Dadurch dass die Eingangsanlagen in einem Einkaufszentrum während der Öffnungszeiten ständig geöffnet werden und Kunden dadurch den Luftstrom durchqueren, ist die Trennung der Außenluft und der Luft in der Ladenstrasse nicht mehr gegeben.

Außerdem muss die Umwälzpumpe zur Erwärmung der Luft ständig in Betrieb sein, weshalb sie eher mehr Strom verbraucht, als dass der Torluftschleier zur Einsparung von Wärmeenergie beiträgt.

Nutzung eines Kältespeichers

Pelin Özbay:

Inwiefern ist die Nutzung eines Kältespeichers energie- und kosteneinsparend?

Andreas Thede:

Ein Kältespeicher ist zu sehen wie ein gedämmtes Behältnis. Da wir einen Haupt- und Nebentarif zur Stromabnahme haben, ist es kostengünstiger, eine bestimmte Menge an Energie zur Kaltwassererzeugung im Nebentarif abzunehmen und zwischenzuspeichern. Somit kann eine gewisse Zeit, beispielsweise morgens, die Abnahme im Haupttarif unterbunden werden und die Reserve aus dem Kältespeicher genutzt werden.

Anlage 3: Kundenzählung Erlangen Arcaden

Erlangen Arcaden Kundenzählung am Montag, den 22. November 2010

Eingang	1		2		3		4		5		6		Gesamt- anzahl/h	Gesamt/ in %
	Haupteingang		Eingang Nürnberger Straße		Eingang Güterbahnhofstraße		Eingang H & M		Einfahrt Parkg. an Einfahrtschranken		Eingang Fahrradabstellplätze			
Zeit	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	w	
8:00 – 9:00 h	67	95	42	43	17	27	0	0	47	87	4	5	434	1,54%
9:00 – 10:00 h	152	261	144	161	30	55	10	33	149	327	11	16	1.349	4,78%
10:00 – 11:00 h	248	418	275	191	41	54	38	170	222	350	7	8	2.022	7,17%
11:00 – 12:00 h	303	515	442	354	56	65	38	245	204	300	10	10	2.542	9,01%
12:00 – 13:00 h	425	656	560	585	40	65	69	330	182	247	4	7	3.170	11,24%
13:00 – 14:00 h	403	712	502	431	26	52	77	275	260	283	20	18	3.059	10,85%
14:00 – 15:00 h	351	590	278	405	69	93	61	256	231	269	6	6	2.615	9,27%
15:00 – 16:00 h	363	602	316	509	54	86	132	564	189	294	3	6	3.118	11,06%
16:00 – 17:00 h	363	605	356	508	92	101	74	262	234	337	6	4	2.942	10,43%
17:00 – 18:00 h	374	584	411	468	61	55	67	251	239	270	11	4	2.795	9,91%
18:00 – 19:00 h	361	411	339	351	62	57	65	218	204	200	2	3	2.273	8,06%
19:00 – 20:00 h	269	217	339	351	36	49	113	351	70	79	6	5	1.885	6,68%
Summe	3.679	5.666	4.004	4.357	584	759	744	2.955	2.231	3.043	90	92		
Gesamt- summe	9.345		8.361		1.343		3.699		5.274		182		28.204	100%
in %	33,13%		29,64%		4,76%		13,12%		18,70%		0,65%		100,00%	

Kunden männlich:	11.332	=	40%
Kunden weiblich:	16.872	=	60%

Erlangen Arcaden Kundenzählung am Donnerstag, den 25.11.2010

Eingang	1		2		3		4		5		6		Gesamt- anzahl/h	Gesamt/ in %
	Haupteingang		Eingang Nürnberger Straße		Eingang Güterbahnhofstraße		Eingang H & M		Einfahrt Parkg. an Einfahrtschranken		Eingang Fahrradabstellplätze			
Zeit	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	w	
8:00 – 9:00 h	49	97	29	60	10	16			49	72	3	5	390	1,42%
9:00 – 10:00 h	142	261	146	186	24	36	4	16	126	280	7	4	1.232	4,48%
10:00 – 11:00 h	218	423	224	321	38	66	30	181	162	259	6	7	1.935	7,04%
11:00 – 12:00 h	304	543	405	518	30	60	35	284	172	263	7	7	2.628	9,57%
12:00 – 13:00 h	434	758	510	704	49	51	53	316	163	280	12	10	3.340	12,16%
13:00 – 14:00 h	452	665	405	616	56	71	78	282	112	222	10	4	2.973	10,82%
14:00 – 15:00 h	405	713	289	500	42	69	55	262	153	281	10	16	2.795	10,17%
15:00 – 16:00 h	383	653	354	454	51	69	65	299	170	328	0	6	2.832	10,31%
16:00 – 17:00 h	408	635	331	537	56	67	116	321	205	286	7	18	2.987	10,87%
17:00 – 18:00 h	353	462	413	490	58	47	76	304	183	245	6	0	2.627	9,56%
18:00 – 19:00 h	387	353	357	385	47	53	85	256	179	202	2	4	2.310	8,41%
19:00 – 20:00 h	247	231	231	219	55	41	76	176	74	62	6	6	1.424	5,18%
Summe	3.782	5.784	3.694	4.990	516	646	673	2.697	1.748	2.780	76	87		
Gesamt- summe	9.566		8.684		1.162		3.370		4.528		163		27.473	100%
in %	34,82%		31,61%		4,23%		12,27%		16,48%		0,59%		100,00%	

Kunden männlich:	10.489	=	38%
Kunden weiblich:	16.984	=	62%

Erlangen Arcaden Kundenzählung am Samstag, den 25.11.2010

Eingang	1		2		3		4		5		6		Gesamt- anzahl/h	Gesamt/ in %
	Haupteingang		Eingang Nürnberger Straße		Eingang Güterbahnhofstraße		Eingang H & M		Einfahrt Parkg. an Einfahrtsschranken		Eingang Fahrradabstellplätze			
Zeit	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	w	
8:00 – 9:00 h	27	73	25	23	19	26			29	50	3	4	279	0,58%
9:00 – 10:00 h	154	218	162	181	51	63	14	51	218	327	6	7	1.452	3,03%
10:00 – 11:00 h	378	587	307	354	109	103	64	176	301	430	3	10	2.822	5,88%
11:00 – 12:00 h	578	804	610	689	112	96	190	466	218	268	7	14	4.032	8,41%
12:00 – 13:00 h	726	987	830	1.076	82	93	214	526	246	323	8	5	5.116	10,67%
13:00 – 14:00 h	812	1.164	668	896	110	131	223	536	290	378	11	4	5.223	10,89%
14:00 – 15:00 h	873	1.228	1.299	1.436	90	104	321	710	216	249	6	11	6.543	13,64%
15:00 – 16:00 h	972	1.314	852	1.073	87	133	290	689	299	381	7	2	6.099	12,72%
16:00 – 17:00 h	881	1.281	696	794	108	160	385	803	238	265	3	6	5.620	11,72%
17:00 – 18:00 h	734	1.012	500	629	96	102	296	650	294	322	7	5	4.647	9,69%
18:00 – 19:00 h	726	907	488	596	73	65	210	396	245	253	10	1	3.970	8,28%
19:00 – 20:00 h	451	506	239	319	50	35	150	261	65	71	1	4	2.152	4,49%
Summe	7.312	10.081	6.676	8.066	987	1.111	2.357	5.254	2.659	3.307	72	73		
Gesamt- summe	17.393		14.742		2.098		7.611		5.966		145		47.955	100%
in %	36,27%		30,74%		4,37%		15,87%		12,44%		0,30%		100,00%	

Kunden männlich:	20.063	=	42%
Kunden weiblich:	27.892	=	58%

Kundenzählung Erlangen Arcaden

Kundenzählung im November

Vergleich 2005 - 2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Abweichung 2009 zu 2010 in %
				KW 48	KW 48	KW 47	
Montag				26.501	25.271	28.204	11,6
Donnerstag				27.983	27.493	27.473	-0,1
Samstag				47.051	46.415	47.955	3,3
				101.535	99.179	103.632	4,5

Anlage 4: Stromrechnung REWAG

REWAG & Co KG - Postfach 11 05 55 - 93018 Regensburg

CGI Grundstück GmbH & Co. **REGENSBURG ARCADEN**
 Regensburg Arcaden KG
 c/o Management für Immobilien AG - Centermanagement
 Friedenstraße 23
 93053 Regensburg

19. Okt. 2010

CM	HI	Sokr.	Mister	PM	RM	V/M
KVM		mit Essen			REWE mit Essen	
Anlage		Kopie		VW		RH

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir legen hiermit unsere Abrechnung über Energie- bzw. Wasserlieferungen vor.
 Auf dieser Seite fassen wir die Abrechnung zusammen. Die Ermittlung im Einzelnen entnehmen Sie bitte dem Beiblatt bzw. den Beiblättern.

Abrechnungszeitraum: 01.09.2010 - 30.09.2010
Bemerkung: Leistungsempf: CGI Grundstück
Bemerkung: GmbH & Co. Regensburg Arcaden KG
Bemerkung: Kreuzberger Ring 56
Bemerkung: 65205 Wiesbaden
Ihr Ordnungsbegriff: CENTER
Verbrauchsstelle: Friedenstraße 23, 93053 Regensburg

Verbrauchsabrechnung

Art	Verbrauch Abrechnungszeitraum	Nettobetrag EUR	USt-%	USt-Betrag EUR	Bruttobetrag EUR
Strom	205.920 kWh	32.089,29	19,00	6.096,97	38.186,26
Gesamtbetrag der Rechnung		32.089,29		6.096,97	38.186,26
Forderung					38.186,26

Wir bitten Sie, den genannten Forderungsbetrag bis spätestens 02.11.2010 mit beiliegendem Zahlschein auf unser Konto zu überweisen.

Mit freundlichen Grüßen

REWAG Regensburger Energie- und
 Wasserversorgung AG & Co KG

71000479

515



REWAG Regensburger Energie- und
 Wasserversorgung AG & Co KG

Hausadresse:
 93055 Regensburg, Greifingerstraße 22

Geschäftszeiten:
 Mo.-Fr. 8:30 - 11:30 Uhr, Mo.-Do. 13:30 - 16 Uhr

Hr. Goss: Tel. 0941/601-2235
 Fr. Fuchs: Tel. 0941/601-2256
 Fax 0941/601-2205
 Internet: www.rewag.de

Rechnung

Vertragskonto: 2001322441 / 0002
 Rechnungsnummer: 2000010496

Regensburg, den 14.10.2010

Vertragskonto:	2001322441 / 0002
Rechnungsnummer:	2000010496
Datum:	14.10.2010

Seite 3

Messergebnisse

Zeitraum	Messart						
Zähler-Nr.	Stand alt	Stand neu	Art (*)	Differenz	Faktor Umw. (**)	Verbrauch	
01.09.-30.09.	Wirkarbeit HT						
1100302126	715,430	777,510	01	62,080	2,000 2	124.160 kWh	
01.09.-30.09.	Wirkarbeit NT						
1100302126	374,240	415,120	01	40,880	2,000 2	81.760 kWh	
01.09.-30.09.	Blindarbeit HT						
1100302126	212,990	236,830	01	23,840	2,000 2	47.680 kvarh	
01.09.-30.09.	Blindarbeit NT						
1100302126	89,770	100,780	01	11,010	2,000 2	22.020 kvarh	
01.09.-30.09.	Leistung						
1100302126	5,038	5,579	01	0,541	2,000 2	1.062,00 kW	

(*) Ablesart: 01=abgelesen durch Ableser, 02=abgelesen durch Kunden, 03=maschinell geschätzt, 04=Abgrenzung

(**) Umwandlungsgrund: 1=Zählwerksfaktor, 2=zählwerkspezifischer Abrechnungsfaktor, 3= Gaszustandszahl, 4=Bruttowert
5=Umrechnungsfaktor, 6=Wobbe-Faktor, 7=Dimensionsumrechnung**Leistungsblock für Sparte: Strom rewario.strom.rahmenvertrag**

Anschlussleistung	1.800,00 kW
bisheriger Wirk HT Jahresverbrauch	1.062.640 kWh
bisheriger Wirk NT Jahresverbrauch	639.840 kWh
bisheriger Blind HT Jahresverbrauch	397.680 kvarh
bisheriger Blind NT Jahresverbrauch	183.840 kvarh

Abrechnungsergebnisse	Strom	Verbrauch	Preis EUR	Betrag EUR
Tarif				
Wirkstrom Netz		124.160 kWh	0,0161000/kWh	1.998,88
Wirkstrom Netz		81.760 kWh	0,0161000/kWh	1.316,34
			Zwischensumme	3.315,22
Ökosteur		124.160 kWh	0,0205000/kWh	2.545,28
Ökosteur		81.760 kWh	0,0205000/kWh	1.676,06
			Zwischensumme	4.221,36
EEG		124.160 kWh	0,0204700/kWh	2.541,56
EEG		81.760 kWh	0,0204700/kWh	1.673,63
			Zwischensumme	4.215,19
vorl. KWK gezont monatlich		6.333 kWh	0,0013000/kWh	10,83
vorl. KWK gezont monatlich		197.587 kWh	0,0005000/kWh	98,79
			Zwischensumme	109,62
Konzessionsabgabe		124.160 kWh	0,0011000/kWh	136,58
Konzessionsabgabe		81.760 kWh	0,0011000/kWh	89,94
			Zwischensumme	226,52
Wirkstrom HT		124.160 kWh	0,0931000/kWh	11.559,30
Wirkstrom NT		81.760 kWh	0,0931000/kWh	7.611,86
			Zwischensumme	19.171,16
Verrechnungsleistung Netz		1.654,00 kW	5,6800000/12 M*1 M	782,89
			Zwischensumme	782,89
Messung				5,10
Gutschrift Telekommunikationsanschluss				-6,87
Messstellenbetrieb				33,95
Abrechnung				14,85

Begriffsverzeichnis

Differenzdruckmesser	Messsystem, das den Unterschied zwischen zwei gemessenen Drücken ausgibt
Fotozellen	Messgerät für Licht
Frequenzumformer	Bauteil, das eine elektrische Energie mit Netzfrequenz in eine Spannung mit einer anderen Frequenz umwandelt
Gesamtenergiedurchlassgrad	Maß für den Energiedurchlass durch transparente Bauteile
Lichtvoute	Indirekte Beleuchtung
Null – Energie Gebäude	Ein Gebäude, das keine Energie benötigt
Mall	Ladenstrasse
Umwälzpumpe	Pumpe, die das Wärmeüberträgermedium in einem rotierenden Kreislauf befördert
Wechselrichter	Elektrisches Gerät, das Wechselspannung in Gleichspannung wandelt und umgekehrt
Wärmedurchgangskoeffizient	Pro Quadratmeter Außenfläche und Grad Temperatur verloren gegangenes Watt

Quellenverzeichnis

Bücher und Zeitschriften

Görres, Markus [Künstliche Beleuchtung, 2001]: Entwicklung eines Berechnungsverfahrens zur Optimierung des Energieverbrauchs künstlicher Beleuchtung, Dortmund: Books on Demand GmbH, 2001.

Hausladen, Gerhard; Saldanha, Michael; Nowak, Wolfgang; Liedl, Petra [Bauklimatik, 2003]: Einführung in die Bauklimatik, Klima- und Energiekonzepte für Gebäude, Berlin: Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2003.

Marko, Armin; Braun Peter [Thermische Solarenergienutzung, 1997]: Thermische Solarenergienutzung an Gebäuden, Für Ingenieure und Architekten, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1997.

Molitor, Patrick [Photovoltaik-Anlagen, 2009]: Der Photovoltaik-Anlagen Projektleitfaden. Solaranlagen Grundwissen von A-Z, Hamburg: Diplomica Verlag GmbH, 2009.

Mäder, Claudia [Klimaänderung, 2009]: Klimaänderung, Wichtige Erkenntnisse Aus dem 4. Sachstandsberichts des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen der Vereinten Nationen (IPCC), Berlin – Brandenburg: KOMAG mbH, 2009.

Schramek, Ernst – Rudolf [Taschenbuch für Heizung, 2007]: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, München: Oldenbourg Industrieverlag, 2007.

Hochschulschriften, Schriftreihen

Lindner [Arbeitswissenschaft, 2009]: Arbeitswissenschaft, Vorlesungsskript, Hochschule Mittweida (FH), 2009.

Özbay, Pelin [Praktikumsbericht, 2010]: Praktikumsbericht, Hochschule Mittweida (FH), 2010.

Internetquellen

- Koenig, Josef** [www.planet-erde.de]: RUB-Geologie: Symposium zur Verformung der Erdkruste, in: http://www.planet-erde.de/presse/Verformung_Erde, 29.06.2010.
- o.V.** [www.umweltbundesamt.at]: Was ist Energie, in: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/energie/wasistenergie>, 09.11.2010.
- o.V.** [www.energieinfo.de]: Energie, in: <http://www.energieinfo.de/eglossar/energie.html>, 09.11.10.
- o.V.** [www.wissen.de]: Kernbindungsenergie, in: <http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/natur/naturwissenschaften/indexoffline,page=1138938.html>, 09.11.10.
- o.V.** [www.thema-energie.de]: Solarwärme, in: <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbareenergien/solarwaerme/solarwaerme.html>, 28.06.2010.
- o.V.** [www.thema-energie.de]: Solarstrom, in: <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbareenergien/solarstrom/solarstrom.html>, 28.06.2010.
- o.V.** [www.thema-energie.de]: Geothermie, in: <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbareenergien/geothermie/geothermie.html>, 28.06.2010.
- o.V.** [www.wissenschaft-online.de]: Erdkern, in: <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/geo/4244>, 29.06.2010.
- o.V.** [www.thema-energie.de]: Windenergie, in: <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbareenergien/windenergie/windenergie.html>, 28.06.2010.

- o.V.** [www.umweltbundesamt.at]: in: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/energie/energietraeger/erneuerbareenergie/>, 16.11.2010.
- o.V.** [www.erneuerbare-energien.de]: Kurzinfo Wasserkraft, in: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/4644/4592>, 16.11.2010.
- o.V.** [www.umweltdatenbank.de]: Wasserkraft, in: <http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/wasserkraft.htm>, 16.11.2010.
- o.V.** [www.energiesparhaus.at.]: Wärmetauscher in Lüftungsgeräten, in: <http://www.energiesparhaus.at/energie/lueftung-wt-arten.htm>, 05.07.2010.
- o.V.** [www.baunetzwissen.de]: Kreislaufverbundsystem, in: http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Haustechnik_Kreislaufverbundsystem-KV-System-_160450.html, 29.11.2010.
- o.V.** [www.solarbusiness.de]: Jährliche mittlere Einstrahlung in kWh/m², in: <http://www.solarbusiness.de/fakten/sonne-unendlich-viel-potenzial/100-saubere-energie>, 07.12.2010.
- o.V.** [www.haustechnikdialog.de]: in: <http://www.haustechnikdialog.de/SHKWissen/Images/siph-ani.jpg>, <http://www.haustechnikdialog.de/SHKWissen/Images/Urinal-Auftriebskörper-URIMAT.jpg>, <http://www.haustechnikdialog.de/SHKWissen/Images/Urinal-Sperfluessigkeit-Schoof.jpg> 04.11.2010.
- o.V.** [www.bme.de]: Sanitärtechnik die ohne Wasser funktioniert, in: http://www.bme.de/fileadmin/bilder/PDF/2_hamburg_hintergrund.pdf, 04.11.2010.
- o.V.** [www.oekoeffizient-handeln.de]: in: <http://www.oekoeffizient-handeln.de/wlu.htm>, 04.11.2010.

- o.V.** [www.urimat.de]: Wasserspülung vollkommen überflüssig, in:
http://urimat.de/cms/cms/front_content.php?idcat=89, 04.11.2010.
- o.V.** [www.isolierglas-center.de]: in:
http://www.isolierglas-center.de/subsites/bamberg/fileadmin/user_upload/pdf/Download_Prospekte/FAQ_Climatop_SGIC_Pruefzeit._in_Kuerze.pdf, 29.11.2010.
- o.V.** [www.leds-com.de]: Energiesparlampen mit Dämmerungssensor, in:
<http://www.leds-com.de/index.php?list=ESL%20MIT%20SENSOR>,
02.12.2010.
- o.V.** [www.download.gira.de]: Dämmerungsschalter, in:
<http://download.gira.de/data2/03681210.pdf>, 02.12.2010.
- o.V.** [www.energieundbau.de]: Lichtabschaltung, in:
<http://energieundbau.de/gebaeudetechnik/wissen/Energieeffizienz-bei-Aufzugsanlagen-20091130.html> 05.12.2010.
- o.V.** [www.thyssenkrupp-aufzuege.de]: LOFT Lichtabschaltung: in:
<http://www.thyssenkrupp-aufzuege.de/default.asp?lang=de&id=207>
05.12.2010.

Juristische Quellen

VDE [VDE 0108, 2005]: 3.4 Antipanik – Bereich, 2005.

VkV [Verkaufsstättenverordnung, 1998]: §18 Sicherheitsbeleuchtung, 1998.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Bearbeitungsort, Datum

Unterschrift